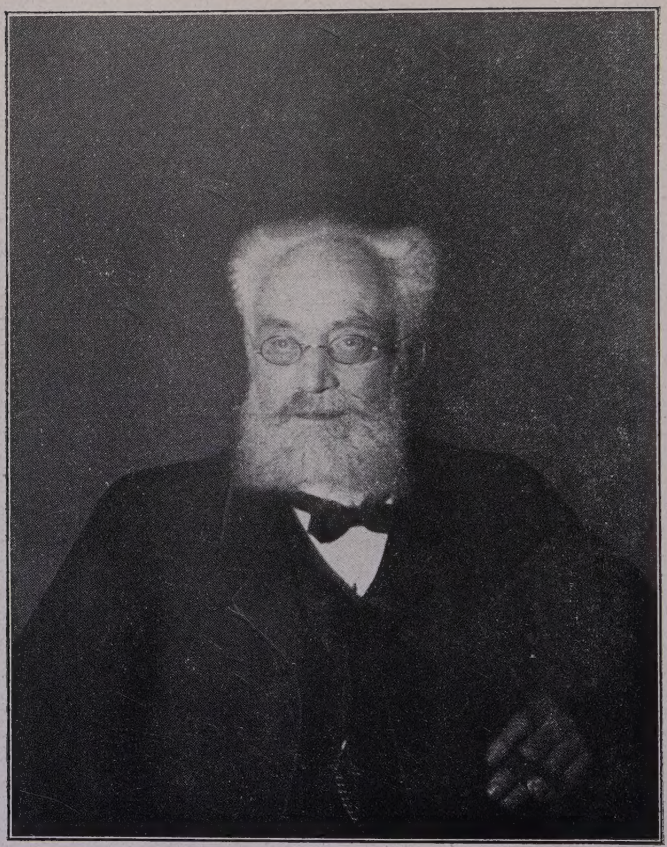


Prof. Dr. Walter Voigt

Verhandlungen

des

Naturhistorischen Vereins

der

preufsischen Rheinlande und Westfalens.

Zweiundachtzigster Jahrgang,
1925.

Mit 1 Bildnistafel, 7 Tafeln und 52 Textabbildungen.

Bonn
Im Selbstverlag des Naturhistorischen Vereins
1926.

SEINEM EHRENMITGLIEDE
UND LANGJÄHRIGEN SCHRIFTFÜHRER
IHREM FREUNDE UND LEHRER

HERRN DR. WALTER VOIGT

PROFESSOR DER ZOOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BONN

WIDMEN DIESEN BAND

ZU SEINEM 70. GEBURTSTAGE
(DEM 13. FEBRUAR 1926)

IN TREUER DANKBARKEIT UND VEREHRUNG

DER NATURHISTORISCHE VEREIN
DER PREUSSISCHEN RHEINLANDE
UND WESTFALENS,
SEINE MITARBEITER, FREUNDE UND SCHÜLER.

Inhalt.

Zoologie.

Seite

Borgert, Ad. Sind die Vorgänge bei der Mitose von *Ceratium* heute völlig geklärt? Mit 5 Text-Abb. 1

Heidermanns, C. Über die Nebenretina einiger Pulmonaten. Mit 5 Text-Abb. 11

Herfs, Ad. Studien über die Verteilung und die ökologische Bedeutung des Flimmerepithels auf der Haut unserer Land- und Süßwassergastropoden. Mit 4 Text-Abb. 21

Hesse, R. Über die Mündungen der Drüsen an den Geschmackspapillen. Mit 4 Text-Abb. 35

Krieg, H. Die Bekämpfung forstlicher Schädlinge vom Flugzeug. Mit 1 Text-Abb. 40

Krüger, P. Über die Reaktion der Verdauungssäfte bei einigen Wirbellosen 51

Lengersdorf, Fr. Zur Familiengeltung der *Sciariden* . . 59

Neubaur, F. Die Weidenmeise *(Parus atricapillus rhenanus* Kl.) in der Rheinprovinz 62

Rahm, P. G. Ist der Lebensvorgang bei den Tieren der Moosfauna im erstarrten Zustand nur herabgesetzt oder ganz unterbrochen? 377

Reichensperger, Aug. Beobachtungen und Versuche mit *Cataglyphis* und *Thorictus* nebst dessen Metamorphose. Beschreibung zweier neuer Myrmekophilen. Mit 1 Text-Abb. und Tafel I 73

Rüschkamp, F. Zur vertikalen und horizontalen Verteilung der aquatilen Coleopteren des rheinisch-westfälischen Schiefergebirges 111

Schauss, R. Über die Krebsfauna der Eifelmaare. Mit 10 Text-Abb. und Tafel II (Tabelle) 149

Schlicher, J. Das Tapetum im Auge von *Pecten*. Mit 5 Text-Abb. 197

Schmidt, E. Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung der Libellen in den Rheinlanden 207

Schmidt, H. Untersuchungen an Rhizopoden aus Buchenhöhlen. Mit 2 Text-Abb. 218

Seite

Schmidt, W. J. Das Glanzepithel und die Schillerfarben der Sapphirinen nebst Bemerkungen über die Erzeugung von Strukturfarben durch Guanin bei anderen Tieren. Mit 11 Text-Abb. 227

Strubell, Ad. *Thelyphonus caudatus* L. Eine biologische Skizze. Mit Tafel III 301

Thienemann, Aug. „Pfisters Mühle". Ein Kapitel aus der Geschichte der biologischen Wasseranalyse 315

Titschack, E. Über die imaginale Lebensdauer der Kleidermotte, *Tineola bisellia* Hum. 330

Mineralogie, Geologie und Paläontologie.

Henke, W. Die Stratigraphie der Siegener Schichten . . . 384

Ruhland, M. R. Terrassen am Rande der niederrheinischen Bucht zwischen Sieg und Wupper. Mit 1 Text Abb. und Tafel V, VI, VII 395

Vogel, H. Weitere Betrachtungen über das Rheinische Schiefergebirge unter besonderer Berücksichtigung der vorherrschenden Spaltenrichtungen. Mit 3 Text-Abb. und Tafel IV 349

Angelegenheiten des Naturhistorischen Vereins.

Bericht über die ordentliche Hauptversammlung in Siegen . VII

Bericht über die Lage und Tätigkeit des Vereins während des Jahres 1924 IX

Kassenbericht für das Jahr 1924 VIII

Wahlen XI

Bericht

über die ordentliche Hauptversammlung

am 6. und 7. Juni 1925

zu Siegen i. W.

Die diesjährige Hauptversammlung, die von nahezu 40 meist auswärtigen Mitgliedern und Gästen besucht war, wurde Samstag, den 6. Juni, vormittags 9^{30} durch den Vereins-Vorsitzenden Berghauptmann Vogel mit einem Willkommensgruße eröffnet. Dem Geschäftsführer der Hauptversammlung, Herrn Studienrat Dr. Ludwig und den übrigen Herren, die sich an der Vorbereitung der Tagung beteiligt hatten, sprach der Vorsitzende den lebhaften Dank des Vorstandes und der Mitglieder aus. Ebenfalls dankte er Herrn Oberstudiendirektor Gottschalk, der die geräumige Aula des städt. Realgymnasiums für die Tagung zur Verfügung gestellt hatte.

Das Hinscheiden einer erheblichen Zahl langjähriger treuer Mitglieder, deren Namen verlesen wurden, ehrten die Anwesenden durch Erheben von den Sitzen.

Oberstudiendirektor Gottschalk begrüßte die Teilnehmer auch im Namen der Stadtverwaltung und im Auftrage des Landrates. Die Regierung des Bezirks und andere Behörden hatten der Versammlung brieflich einen guten Verlauf gewünscht.

Stadtrat Hahne aus Stettin überbrachte Grüße des Ostens, insbesondere der Pommerschen Naturforschenden Gesellschaft und betonte die Schicksalsverbundenheit von Ost und West.

Alsdann berichtete der Vorsitzende über die Arbeiten des Vereins. Er führte aus, daß die Lage des Vereins schon vor der Kriegszeit, insbesondere jedoch während des Krieges und in der Nachkriegszeit äußerst ungünstig gewesen sei. Für die Bibliothek reichen die Räume des Vereinshauses nicht mehr aus, die Kapitalien des Vereins sind der Inflation zum Opfer gefallen. Die vorhandenen Mittel genügen nicht zu einer ordnungsmäßigen Instandhaltung der Bibliothek und der Sammlungen und um die wissenschaftlichen Arbeiten, die durch die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse eine Unterbrechung erfuhren, in früherem Umfange wieder au zunehmen. Durch Zuschüsse der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und der Stadt Bonn, denen auch an dieser Stelle Dank ausgesprochen sein soll, konnten jedoch die wichtigsten Arbeiten fortgesetzt werden. Auch der Landeshauptmann der Rheinprovinz hat eine jährliche Zuwendung in Aussicht gestellt. Da es aus den angeführten und bereits früher dargelegten Gründen unmöglich erscheint, die Bibliothek zu halten, wurden Verhandlungen mit dem

Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung durch den Kurator der Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität zu Bonn angeknüpft, die bisher zu keinem Ergebnis führten. Die vorjährige Hauptversammlung zu Bonn beauftragte den Vorstand in Verbindung mit einem Siebener-Ausschuß, die Verhandlungen mit dem Ministerium und der Stadt Bonn weiter zu führen und gegebenenfalls unter Wahrung der Vereinsinteressen einen Vertrag abzuschließen, der eine Vereinigung der Vereinsbücherei mit der Universitätsbibliothek zu Bonn und die Umstellung seiner Sammlungen zu einer Heimatschausammlung in Gemeinschaft mit der Stadt Bonn vorsehen sollte, wohingegen dem Vereine die Mittel zur weiteren Geschäftsführung und zur Fortsetzung seiner Zeitschrift zu sichern wären.

Der Vorschlag des Vorsitzenden, die Beschlüsse der Hauptversammlung zu Bonn am 10. und 11. Mai 1924 betreffend Verhandlungen mit dem Ministerium und der Stadt Bonn weiterhin gelten zu lassen, wurde ohne Widerspruch genehmigt. Auf eine Anfrage erklärte der Vorsitzende, daß der Vorstand nur in Verbindung mit dem Siebener-Ausschuß handeln werde.

Der Schatzmeister Rechtsanwalt Henry erstattete alsdann Bericht über die finanzielle Lage des Vereins und konnte die mit Beifall aufgenommene Mitteilung machen, daß die Stadt Bonn für die Zwecke des Naturhistorischen Vereins einen erheblichen Posten in ihren diesjährigen Etat eingesetzt habe.

Rechnungsabschluß für das Jahr 1924.

Einnahmen:

I. Mitgliederbeiträge für 1924		1914.00 M.
II. „ „ „ 1925		66.00 „
III. Außerordentliche Zuwendungen		2543.00 „
IV. Bankzinsen		70.97 „
V. Schriftenverkauf		242.95 „
IV. Bestand aus Rechnungsjahr 1923		458.74 „
		5295.66 M

Ausgaben:

I. Mitglieder und Versammlungen		40.75 M.
II. Verlag, Bibliothek und Büro		1473.32 „
III. Sammlungen		173.95 „
IV. Haus		627.94 „
V. Gehälter, Löhne etc.		596.75 „
Bankguthaben	2100.51 M.	
Barbestand	282.44 „	2382 95 „
		5295.66 M

Der Schriftführer Studienrat Dr. Zepp verlas anschließend den

Bericht über die Lage und Tätigkeit des Vereins während des Jahres 1924.

1. Mitglieder. Die Anzahl der ordentlichen Mitglieder betrug am 1. Januar 1923 406

Verstorben sind	8	
Ausgetreten sind	18	
Gelöscht, weil nicht aufzufinden, wurden	3	
	29	
Eingetreten sind	51	+ 22

Anzahl der ordentlichen Mitglieder am 31. 12. 24 428
Seit dem 1. 1. 25 bis zur Hauptversammlung sind noch eingetreten 49
Anzahl der ordentlichen Mitglieder am 6. 6. 25 477

Zu der Mitgliederbewegung bemerkte der Schriftführer, daß eine rege Mitarbeit der Mitglieder notwendig sei, und er richtete an die Versammlungs-Teilnehmer die Bitte, durch Werbearbeit mitzuwirken an dem Wiederaufstieg des Naturhistorischen Vereins.

2. Vereinsschriften. Dank der erheblichen Unterstützung durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft war es möglich, mit Beginn des Jahres 1925 je ein bescheidenes Bändchen Verhandlungen für 1921/22 und 1923 sowie die Sitzungsberichte für 1923 herauszubringen. Der Umfang der Bändchen ist folgender:

Verhandlungen, Jahrg. 78/79 (1921/22) = $7\frac{1}{3}$ Bogen
Verhandlungen, „ 80 (1923) = $3\frac{1}{2}$ Bogen
mit 1 Karte, 1 Profilkarte und 1 Tafel
Sitzungsberichte für 1923 . . . . . = $7\frac{3}{8}$ Bogen

Verhandlungen und Sitzungsberichte für 1924, die mit Ende August d. Js. erscheinen, werden insgesamt ca. 25 Bogen umfassen mit 7 Tafeln, 1 geologischen Karte und zahlreichen Textabbildungen. Der Band Verhandlungen soll dem Andenken unseres verstorbenen Ehrenmitgliedes Herrn Dr. Wirtgen gewidmet werden.

3. Bibliothek. Die normale vorkriegszeitliche Erweiterung unserer Vereinsbücherei wurde beeinträchtigt durch die ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse. Deutsche Gesellschaften, mit denen wir im Tauschverkehr stehen, konnten vielfach nur unter erheblicher Einschränkung und verspätet ihre Berichte veröffentlichen; zahlreiche ausländische Gesellschaften und Institute nahmen bisher den Tauschverkehr noch nicht wieder auf oder sandten nur hin und wieder einzelne Nummern ihrer Veröffentlichungen, da wir im Gegentausch nichts bieten konnten. Ungeachtet dessen gingen uns doch von einer Reihe Gesellschaften regelmäßig Schriften

zu. Seitdem wir unsere bescheidenen Jahrgänge 1921/22 und 23 herausbrachten, ist der Eingang an Tauschwerken erheblich besser.

Es konnten 15 Schriftenserien im Berichtsjahr vervollständigt werden, d. h. die seit 1914 fehlenden Jahrgänge wurden im Tausch erworben. Gegenwärtig pflegen wir den Tauschverkehr mit 76 deutschen Instituten und Gesellschaften und mit 166 außerdeutschen, davon sind 52 außereuropäisch.

Während des Krieges hatten 225 Gesellschaften den Tausch eingestellt, so daß von den 341 Tauschbibliotheken der Vorkriegszeit nur 116 den Verkehr aufrecht erhielten. Mit Berücksichtigung der Tatsache, daß eine Reihe kleiner deutscher Vereine noch nicht wieder ihre Berichte herauszugeben in der Lage ist, muß das Erreichte als günstig bezeichnet werden.

Mit dem 1. 11. 24 schied Herr Dr. Feldkamp, der als Bibliothekar mehrere Jahre sich um die Führung der Bibliotheksgeschäfte verdient machte, aus, um in den höheren Schuldienst überzutreten.

Sammlungen. Die Arbeiten in den Sammlungen wurden weitergeführt durch Herrn Prof. Voigt, der auch nach Niederlegung seines Amtes als Schriftführer die pflegliche Behandlung der zoologischen Sammlung sich angelegen sein läßt, und durch Herrn Andres, der das Ordnen unserer Herbarien an Stelle unseres verstorbenen Ehrenmitgliedes Dr. Wirtgen besorgt. Beiden Herren sei an dieser Stelle besonderer Dank ausgesprochen.

Vereinshaus. An unserm Vereinshause konnten mangels der hierzu erforderlichen Mittel jahrelang die notwendigsten Reparaturen nicht ausgeführt werden. Als Retter in der Not bewilligte die Stadt Bonn eine erhebliche Summe, die es ermöglichte, das Dach und die Dachrinnen teilweise zu erneuern. Außerdem wurde durch die Stadtverwaltung Bonn und auf deren Kosten die Dienstwohnung des Schriftführers wiederhergestellt sowie das Haupthaus mit elektrischer Beleuchtung ausgestattet. Der Stadt Bonn gebührt für die freundliche Hilfe unser Dank.

Zur 50jährigen Feier ihres Bestehens wurden der Adriatischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Triest sowie dem Siebenbürgischen Verein für Naturkunde in Hermannsstadt zu seinem 75jährigen Wirken die Glückwünsche unseres Vereins brieflich ausgesprochen.

Zum 80. Geburtstage unseres Altschatzmeisters und Ehrenmitgliedes Herrn Carl Henry überbrachte Herr Prof. Voigt und der Schriftführer in Vertretung des verhinderten Vorsitzenden die Glückwünsche des Vereins.

Unserm Mitglied und Kustor der geologischen Vereinssammlung, Herrn Dr. Stürz, gratulierte der Vorsitzende persönlich zum 70. Geburtstage.

Als Verbandsverein ist der Verein für Heimatkunde in Meisenheim neu aufgenommen.

Wahlen. An Stelle des verstorbenen Herrn Oberbergrats Koerfer wurde Herr Bergrat Dr. Arlt in den Redaktionsausschuß gewählt; der Ausschuß für Naturdenkmalpflege wurde ergänzt durch die Wahl von Herrn Andres-Bonn, Herrn Studienrat Dr. Schmidt-Krefeld, Herrn Studienrat Dr. Kruse-Siegen und Herrn Studienrat Dr. Zepp-Bonn.

Zu Rechnungsprüfern für das Geschäftsjahr 1925 wurden gewählt: Herr Prof. Tilmann und Herr H. Andres, zu deren Stellvertretern die Herren Carl Frings und Dr. Richter.

Als Ort der nächstjährigen Tagung wurde Cleve in Vorschlag gebracht, die endgültige Wahl des Ortes wurde dem Vorstand überlassen.

Verlauf der Versammlung.

Vorträge. Herr Dr. Henke, der Geologe des Siegerlandes, sprach in längeren Ausführungen über die Stratigraphie und Tektonik des Siegerlandes. An Hand von Karten, Profilen und Gesteinsstücken versuchte er eine neue, dem derzeitigen Stande der Forschung entsprechende Gliederung der Siegener Schichten und legte eingehend die Schwierigkeiten dar, die der endgültigen Kartierung des Gebietes entgegenstehen. (Vortrag von Dr. Henke siehe S. 384 dieses Bandes.)

Herr Studienrat Dr. Kruse, der verdienstvolle Heimatforscher Siegens, zeigte den Teilnehmern im Lichtbilde die mannigfaltigen landschaftlichen, botanischen und geologischen Naturdenkmäler des Siegerlandes, die zu erhalten Pflicht der Allgemeinheit ist. Der Vortrag klang aus in die Aufforderung, den Naturschutzgedanken in die weitesten Kreise zu tragen.

Herr Prof. Dr. Schmidt, der Grüße der geologischen Landesanstalt überbrachte, berichtete über ein Kohlenvorkommen in den Siegener Schichten, das zwar keine wirtschaftliche Bedeutung, aber ein hohes wissenschaftliches Interesse beansprucht.

Im Anschluß an die Hauptsitzung des Naturhistorischen Vereins tagte der Botanisch-geologische Verein für Rheinland und Westfalen. Im Mittelpunkt der Besprechungen stand ein Vortrag von Herrn Dr. Neubaur-Bonn über ornithologische Beobachtungen in der Rheinprovinz aus der Nachkriegszeit. Eine Fülle von Beobachtungsmaterial zeigte, wie mancherlei Vogelarten unserer Hei-

mat zuwandern und ihr Verbreitungsgebiet erweitern. Eine lebhafte Aussprache bewies das Interesse an diesen Fragen. Die Herren H. Andres-Bonn und Dr. Ludwig-Siegen demonstrierten an Hand von gesammeltem Material das Vorkommen von seltenen Pflanzen im Siegerlande.

Ausflüge. Am Nachmittage des ersten Versammlungstages fanden Führungen statt. Die Botaniker durchstreiften die nächste Umgegend Siegens, während andere Teilnehmer der Versammlung unter der kundigen Führung von Dr. Kruse die Stadt und das Heimatmuseum besichtigten.

Am folgenden Tage der zweitägigen Veranstaltung führte Herr Dr. Henke die Geologen durch das südliche Siegerland von Brachbach bis Herdorf. Die Botaniker und Zoologen unternahmen eine Studienwanderung zu dem pflanzen- und tiergeographisch interessanten Stegskopf.

Vogel. Arlt. Andres.

Sind die Vorgänge bei der Mitose von *Ceratium* heute völlig geklärt?

Von

A. Borgert, Bonn.

Mit 5 Abbildungen im Text..

Nachdem Lauterborn[1]) im Jahre 1895 seine Untersuchungen über Kern- und Zellteilung von *Ceratium hirundinella* O. F. M. veröffentlicht hatte und etliche Jahre später auch marine Arten der gleichen Gattung genauer untersucht worden waren, konnte es eine Zeit lang wohl so scheinen, als ob bei der erstgenannten, im Süßwasser lebenden Spezies in wesentlichen Punkten andere Verhältnisse der Kernteilung bestehen, als bei den meerbewohnenden Formen. So finden wir denn auch noch in der 1916 erschienenen vierten Auflage von Döflein's Lehrbuch der Protozoenkunde den Kernteilungsmodus von *Ceratium hirundinella*, wie ihn Lauterborn beschrieb, und die bei *Ceratium tripos* und anderen Arten des Meeres von mir festgestellte Kernteilungsform[2]) als zwei Beispiele verschiedener Teilungsart dargestellt.

Ich gebe hier zwei einander entsprechende Stadien im Bilde wieder. Abb. 1 (nach Lauterborn) bezieht sich auf *C. hirundinella*, Abb. 2 (nach Borgert) auf *C. tripos*.

Die bei diesen einander nahe verwandten Formen scheinbar bestehenden Unterschiede ließen eine Nachprüfung

1) Lauterborn, R. 1895. Protozoenstudien. I. Kern- und Zellteilung von *Ceratium hirundinella* O. F. M. In: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 59. 1895.

2) Borgert, A. 1910. Kern- und Zellteilung bei marinen *Ceratium*-Arten. In: Archiv f. Protistenkunde. Bd. 20. 1910.

der älteren Untersuchungen Lauterborn's erwünscht erscheinen, und gern hätte ich die genannte Süßwasserart zum Vergleich herangezogen. Leider konnte ich aber in Bonn nicht das nötige Material bekommen.

So blieb denn die Entscheidung der Frage zunächst auf dem Punkte stehen, daß bei *Ceratium hirundinella* eine Form der Kernteilung angetroffen wird, die nur mit gewissen Einschränkungen als Mitose zu bezeichnen ist, während uns bei den marinen Ceratien — augenscheinlich allgemein — ein Kernteilungsmodus entgegentritt, der wichtige

Abb. 1.
Ceratium hirundinella. Teilung der Aequatorialplatte. Nach Lauterborn.

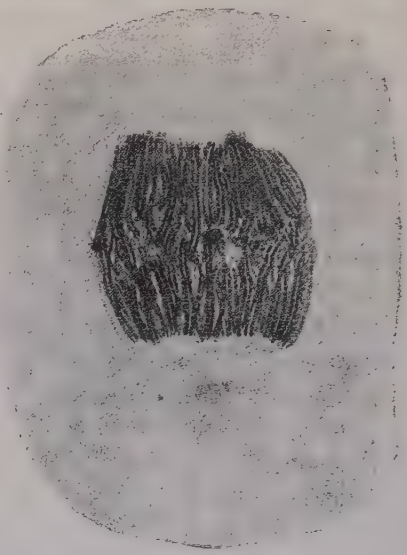


Abb. 2.
Ceratium tripos. Gleiches Stadium wie Abb. 1. Nach Borgert.

Merkmale der indirekten Kernhalbierung, vor allem das Auftreten eines Knäuelstadiums und ebenso Längsspaltung der fadenförmigen Chromosomen aufweist [1]).

Unter diesen Umständen sah sich Géza Entz (1921) veranlaßt, die von Lauterborn an *Ceratium hirundinella*

1) Nur Jollos (1910) schreibt den marinen Ceratien eine im wesentlichen ähnliche Form der Teilung der chromatischen Kernsubstanz zu, wie sie Lauterborn für seine Süßwasserart angibt. Vgl. Jollos, Dinoflagellatenstudien. In: Archiv für Protistenkunde, Bd. 19. 1910.

angestellten Untersuchungen von neuem aufzunehmen[1]). Während Lauterborn Knäuel und Chromosomenspaltung bei dem in Rede stehenden Süßwasser-*Ceratium* nicht fand, stellt Géza Entz (l. c., p. 424) nunmehr fest, daß „die Kernteilung von *Ceratium hirundinella* ähnlich dem, wie dies von Borgert für marine Ceratien angegeben wird", verläuft. Entz fährt dann fort: „Auch an *Ceratium hirundinella* läßt sich ein aufgeteiltes Spirem konstatieren, mit der Länge nach gespaltenen Chromosomen; es entsteht eine Äquatorialplatte mit sehr langen Chromosomen,welche quergeteilt werden und deren eine Gruppe gegen den einen, die andere gegen den anderen Pol wandert." Auch die Menge der Chromosomen ist nach Géza Entz bei *Ceratium hirundinella* von der gleichen Größenordnung, wie ich sie für *Ceratium tripos* angegeben habe. Ich schätzte bei letzterer Art ihre Zahl auf ungefähr 200, Entz greift etwas höher: 264—284[2]).

In einem Punkte nur glaubt Géza Entz meinen auf die marinen Ceratien sich beziehenden Angaben nicht zustimmen zu können, nämlich hinsichtlich der Struktur des ruhenden Kernes. Géza Entz meint, daß im Ruhezustande bei *Ceratium hirundinella* das Chromatin gelegentlich in Gestalt einzelner dicht gelagerter Kügelchen angeordnet sei, „die schiefe Reihen mit etwa 60gradigem Winkel" bilden. Diese Struktur soll besonders deutlich an auf dem Objektträger angetrockneten und nach Giemsa gefärbten Exemplaren zu beobachten sein. Ob sich diese Untersuchungsmethode, vor allem für einen Kern von der Größe, wie *Ceratium* ihn

1) Géza Entz. 1921. Über die mitotische Teilung von *Ceratium hirundinella*. In: Archiv für Protistenkunde. Bd. 43. 1921.

2) Die Angabe von Géza Entz (l. c., p. 425), daß ich auf Grund eigener Untersuchungen an *Ceratium hirundinella* nennenswerte Unterschiede im Verlauf der Kernteilung gegenüber den marinen *Ceratium*-Arten festgestellt hätte, beruht auf einem Irrtum des genannten Autors. Ich hatte vielmehr besonders erwähnt (l. c., p. 2), daß mir „*Ceratium hirundinella* nicht zur Verfügung stand" und hatte mich an der von G. Entz bezeichneten Stelle (p. 38—39) ausdrücklich auf Lauterborn's Angaben bezogen, bei deren Zugrundelegung sich Verschiedenheiten ergeben würden.

besitzt, sonderlich eignet, will ich nicht näher erörtern. Nur das eine sei gesagt, daß die von den Enden her gesehenen Chromatinfäden, die in Reihen angeordnet sind, eine solche Struktur wohl vorzutäuschen vermögen; man könnte sie auch aus meinen entsprechenden Abbildungen (l. c., Taf. I, Abb. 1 und 2) herauslesen. Es möchte aber auch sein, daß es, wie Schneider[1]) (1924) für das marine *Ceratium tripos* glaubt feststellen zu können, neben den Kernen mit Fadenstruktur auch noch „wirklich ruhende" Kerne mit Chromatinkügelchen gibt, die aber seltener zu finden seien, als solche mit fädiger Anordnung der chromatischen Substanz.

Endlich wäre noch die Frage zu klären, wie es mit der Ausbildung eines besonderen Teilungsorganells, eines Nucleocentrosoms oder centriolenähnlicher Bildungen bei *Ceratium hirundinella* bestellt ist. Lauterborn fand nichts derartiges, wenn man nicht jenes stäbchenförmige, sich bei der Teilung durchschnürende Gebilde hier heranziehen will, das Lauterborn (l. c., p. 180) offenbar mit Recht als einen in Teilung begriffenen Nucleolus zu deuten geneigt ist (vgl. Abb. 1, Nu.). Jollos, und ebenso Hartmann, sprechen sich in dieser Frage recht bestimmt aus, und zwar in dem Sinne[2]), daß bei *Ceratium hirundinella* ein Nucleocentrosom vorhanden sei, welches nach Jollos „ganz wie bei den marinen *Ceratium*-Arten den ersten Anstoß zur Kernteilung" gibt. Hartmann fügt hinzu, „daß die Teilung des Nucleocentrosoms bei *Ceratium hirundinella* schon bei den Spätnachmittagsfängen beobachtet wird" und daß „von diesem Gebilde die ganze Kernteilung eingeleitet wird".

Dem steht gegenüber, daß Géza Entz bei seinen neueren Untersuchungen an *Ceratium hirundinella* centriolen-

---

1) Schneider, Hans. 1924. Kern und Kernteilung bei *Ceratium tripos*. In: Archiv f. Protistenkunde. Bd. 48, 1924.

2) Vgl. die Ausführungen in der Diskussion zu meinem 1910 in Graz gehaltenen Vortrag „Über eine neue Form der Mitose bei Protozoen". In: Verhandlungen des VIII. Internationalen Zoologen-Kongresses zu Graz. Jena 1911, p. 418.

ähnliche Teilungsorganellen nicht auffinden konnte[1]) und, wenn Jollos vergleichsweise auf die marinen *Ceratium*-Arten verweist, so ist dies, wie mir scheint, nicht sehr geeignet, seine Angabe zu bekräftigen, denn Jollos steht unter allen Autoren, die sich mit den letztgenannten Formen näher beschäftigt haben, isoliert mit seiner Ansicht. Auf diese Dinge habe ich weiter unten zurückzukommen. Das Eine nur sei hier noch bemerkt: Die Verhältnisse bei den meerbewohnenden Ceratien sind mir durch meine eigenen Untersuchungen vertraut und, wenngleich ich die in Betracht kommenden Ausführungen von Jollos für diese Formen nicht bestätigen kann, so vermag ich in Fragen, die *Ceratium hirundinella* betreffen, doch nicht aus eigener Anschauung zu urteilen. Es wäre ja immerhin möglich, daß ungeachtet des weitgehenden Parallelismus in den Teilungsvorgängen gerade hinsichtlich dieses Punktes Unterschiede beständen. Ich werde am Schluß auch noch eine andere bisher nur für die marinen Ceratien festgestellte Besonderheit zu berühren haben.

Wenden wir uns den meerbewohnenden *Ceratium*-Arten zu, so sind bei diesen die Verhältnisse der Kernteilung in neuerer Zeit wiederholt studiert worden. Die Beschaffung von Untersuchungsmaterial ist relativ leicht. Das marine *Ceratium tripos* vor allem tritt zu bestimmten Zeiten in der Ostsee so massenhaft auf, daß man es in beliebigen Mengen leicht erhalten kann. Mit dieser Art habe ich mich (1910), neben einer Reihe anderer Spezies, besonders eingehend beschäftigt, und auf sie beziehen sich auch die Teilungsbilder, die Doflein in seinem Lehrbuch wiedergegeben hat. Die gleiche Art hatte zu den von Jollos (1910) untersuchten Dinoflagellaten gehört. Kürzlich hat dann noch Schneider (1924) zur Klärung der Widersprüche, die zwischen den An-

---

1) Die Angaben von Géza Entz (1921, p. 424 u. 425) lauten wörtlich: „Centriolen sind nicht aufzufinden", „eine Mitose ohne Centriolen". Es sei dazu bemerkt, daß die Bezeichnungen Nucleocentrosom, Caryosom und Centriol in den vorliegenden Arbeiten über *Ceratium* andauernd wechselnd gebraucht werden.

gaben von Jollos und den meinigen bestehen, *Ceratium tripos* zum Gegenstand erneuter Studien gemacht.

Umstritten war zunächst schon die Frage, ob es bei *Ceratium tripos* zur Ausbildung eines Knäuelstadiums kommt, vor allem aber auch, ob die Chromosomen eine Längsspaltung erfahren, bzw. als Doppelbildungen in die Erscheinung treten. Eins wie das Andere sollte nach Lauterborn (l. c.) bei *Ceratium hirundinella* fehlen und Jollos schließt sich ihm in dieser Frage bezüglich der marinen Ceratien an. „Gerade bei einer eingehenden Nachprüfung", schreibt Jollos (l. c., p. 193), „muß man die Genauigkeit und Vollständigkeit seiner Beobachtungen immer von neuem bewundern". So glaubte denn Jollos bei *Ceratium tripos* ganz entsprechende Verhältnisse, wie sie Lauterborn schildert, gefunden zu haben. Als ich dann das Vorhandensein eines typischen Knäuels an meinem sorgfältig fixierten Material feststellte (vgl. Abb. 3), vermutete Jollos, daß mir eine Täuschung begegnet sei, hervorgerufen durch unzureichende Konservierung meiner Objekte. Auch in der Frage der Chromosomenspaltung nahm Jollos eine ablehnende Haltung ein[1]).

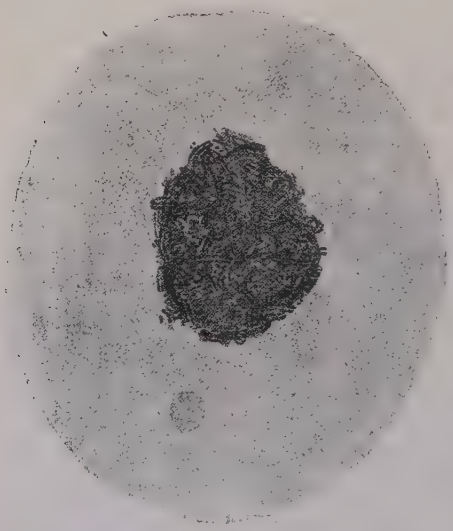


Abb. 3.
Ceratium tripos. Knäuelstadium (segmentierter Knäuel). Nach Borgert.

War schon von vornherein ersichtlich, daß nur bei einem besonders guten Erhaltungszustand die von mir beschriebenen Einzelheiten erkennbar sein konnten, so mußte jeder Zweifel für

1) Vgl. Borgert, Verhandlungen in Graz, 1911, p. 411.

diejenigen schwinden, die in Graz Gelegenheit hatten, die vorgeführten Präparate in Augenschein zu nehmen.

Nun hat, wie schon bemerkt, der aus der Cytologenschule Strasburger's hervorgegangene Botaniker Hans Schneider sich der Mühe unterzogen, die Kernteilungsvorgänge bei *Ceratium tripos* nachzuprüfen. Zunächst stellt Schneider dabei fest, daß er das Knäuelstadium, das Jollos nicht bemerkt hatte, ebenfalls beobachtet habe. Schneider's Abbildung (l. c., Taf. 13, Abb. 2) läßt erkennen, daß er die gleichen Verhältnisse vor sich hatte, wie sie von mir geschildert worden waren. Auch bezüglich der sich an diesen Zustand anschließenden Stadien befindet sich Schneider in voller Übereinstimmung mit meiner Darstellung. Die Zusammenlagerung der Fadenpaare zur tonnenförmigen Äquatorialplatte (vergl. Abb. 4), die Querteilung der Fadenpaare unter Ausbildung einer in Gestalt zarter Fasern zu Tage tretenden Spindel (vgl. Abb. 5) sind hier anzuführen; ebenso stellt die von Schneider gegebene Schilderung der der Querteilung folgenden und zur Rekonstruktion der Tochterkerne führenden Vorgänge eine Bestätigung meiner Befunde dar.

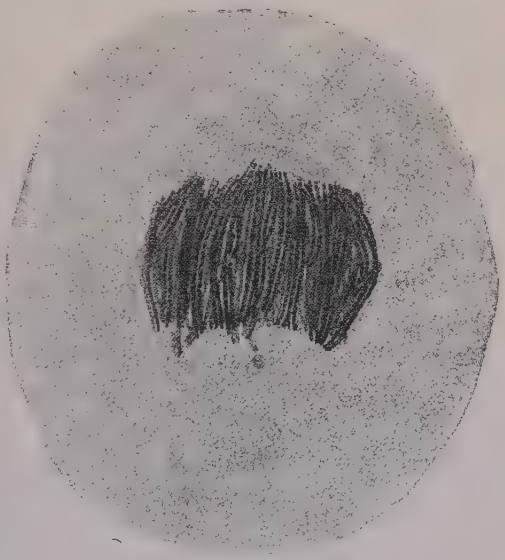


Abb. 4.
Ceratium tripos. Chromosomen zur Äquatorialplatte zusammengelagert. Nach Borgert.

Allerdings entscheidet sich Schneider hinsichtlich der Bedeutung der Paarigkeit der Chromosomen im Knäuel für die von mir schon (l. c., p. 39) angedeutete Möglichkeit, daß es

sich vielleicht nicht um einen Spaltungs-, sondern einen Zusammenlagerungsprozeß handle. Die von mir bevorzugte Deutung, daß die Mitose bei *Ceratium* infolge einer Spaltung der Kernfäden und anschließender Querteilung derselben zu einer Verdoppelung der Chromosomenzahl bei den Tochterindividuen führe, und daß nachfolgende Amitose diese Verdoppelung wieder rückgängig mache oder, besser gesagt, wieder ausgleiche, diese Auffassung möchte Schneider nicht zu der seinen machen. Für Schneider nimmt das Problem die Form an: entweder keine Spaltung, sondern paarweise Annäherung der Kernfäden im Knäuelstadium, wie ich dies als Eventualität erwogen hatte oder spätere Wiederverschmelzung der Fäden nach voraufgegangener Längsspaltung, wie Géza Entz (l. c., p. 425) es für möglich hält. In beiden Fällen hätten wir die beobachtete Paarigkeit der Kernfäden in den Teilungszuständen vom Knäuel bis zum in Rekonstruktion begriffenen Tochterkern erklärt, ohne mit einer Verdoppelung der Chromosomenzahl rechnen zu müssen, doch meint Schneider in Bezug auf die Klärung dieser Frage, daß die Untersuchung auf keinen Fall leicht sein wird.

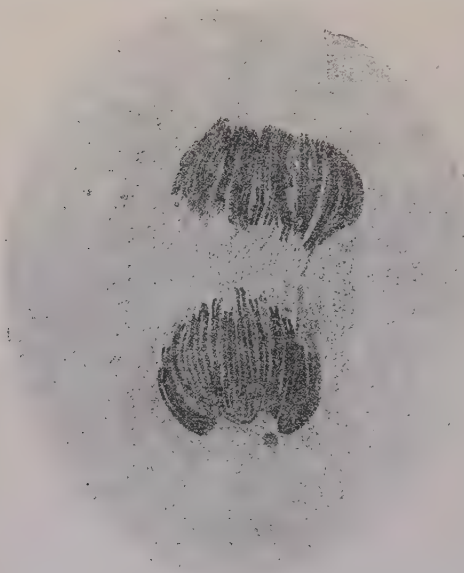


Abb. 5.
Ceratium tripos. Späteres Tochterplattenstadium. Nach Borgert.

Für mich, der ich mit dem Bestehen einer fädigen Verteilung des Chromatins im ruhenden Kern eine Halbierung der Zahl der Kernsegmente bei Gelegenheit der Amitose

annehme, würde sich damit allerdings von dem andern Standpunkte aus die Frage erheben, auf welche Weise nun die „Normalzahl" der Chromosomen wiederhergestellt wird. Als Parallelfall stehen mir dabei die für *Aulacantha* unter den Radiolarien von mir festgestellten Verhältnisse vor Augen. Auch diesem Gegenstande wäre erneut Beachtung zu schenken.

Es bliebe jetzt noch die Frage zu klären, ob bei *Ceratium tripos* oder anderen Meeres-Ceratien ein Teilungsorganell an den Vorgängen der Mitose beteiligt ist. Jollos spricht, wie bereits bemerkt, von einem „Nukleocentrosom" bei den marinen Ceratien.

Demgegenüber ist darauf hinzuweisen, daß außer Jollos kein anderer Untersucher bei marinen Ceratien ein derartiges Teilungsorganell fand. Ich habe auf diesen abweichenden Befund, soweit meine eigenen Untersuchungen in Frage kommen, früher schon zur Genüge hingewiesen. Jetzt bestätigt auch Schneider das Fehlen eines solchen Gebildes. Ich zitiere seine Worte: „Von einem ‚Nucleocentrosom', wie es Jollos beschreibt, von seiner Teilung, von einer ‚Desmose' habe ich nichts wahrgenommen" und weiter: „*Ceratium* hat kein Centriol, und Jollos ist wohl einem Irrtum zum Opfer geworden."

Wer kritisch die Angaben von Jollos liest, wird die für ihn selbst offenbar bestehende Unsicherheit nicht verkennen können. Schon früher (1911, p. 413) habe ich auf gewisse bei Jollos sich findende Widersprüche aufmerksam gemacht. Einerseits wird von ihm (1910, p. 196) angegeben, daß das Caryosom bei *Ceratium* „an Bedeutung sehr eingebüßt" hat, und ferner: die Kernstränge bilden und teilen sich selbständig, „also häufig auch vor der Teilung des ‚Nucleocentrosoms'", „mitunter können sogar schon die Kernhälften weit auseinander gerückt sein, während das Nucleocentrosom noch als einheitliches Körperchen in der Mitte zwischen ihnen liegt". An anderer Stelle dagegen (1911, l. c.) heißt es, daß es bei *Ceratium* „den ersten Anstoß zur Kernteilung gibt". Dann weiter: „In dem ständigen Vorhandensein die Teilung einleitender Centriole stimmt also *Ceratium* mit *Gymnodinium* vollkommen überein."

Schneider stellt (l. c., p. 309 u. 310) diese widerspruchsvollen Angaben in noch etwas ausführlicherer Form einander gegenüber und beleuchtet die Unsicherheit, die auch in anderen das Nucleocentrosom von *Ceratium* betreffenden Ausführungen bei Jollos hervortritt.

Wie die Dinge gegenwärtig liegen, dürfte eine erneute Untersuchung unter Anwendung der bisher angewandten Methoden und Hilfsmittel in der vorliegenden Frage wesentlich Neues kaum zu Tage fördern.

Anders verhält es sich vielleicht hinsichtlich des von mir als „Nebenkörper" bezeichneten Gebildes, das ich bei sämtlichen von mir untersuchten marinen Ceratien vorfand, das jedoch allen früheren Beobachtern, einschließlich Jollos, entgangen war. Was ich über diesen eigenartigen Zellbestandteil feststellen konnte, der auf den Abbildungen 2 bis 5 sichtbar ist, habe ich in meiner ausführlichen Arbeit über Kern- und Zellteilung bei marinen *Ceratium*-Arten gesagt und dabei verschiedene Möglichkeiten bezüglich der substanziellen Natur und sonstigen Bedeutung dieses Körperchens erwogen. Schneider bestätigt das Vorhandensein des Nebenkörpers und das von mir Gesagte, doch ist er nicht in der Lage, weitere Beiträge zur Deutung dieses Gebildes zu liefern. Bemerkenswert ist, daß trotz der sehr weitgehenden Übereinstimmung, die nach den Untersuchungen von Géza Entz an *Ceratium hirundinella* hinsichtlich der Teilungsvorgänge bei dem Süßwasserceratium einerseits und den marinen Ceratien auf der andern Seite besteht, für erstere Art ein Nebenkörper von keinem der bisherigen Autoren erwähnt wird. Bei weiteren Untersuchungen an Ceratien wäre dieser Punkt neben den anderen angedeuteten Fragen der Beachtung wert.

Ueber die Nebenretina einiger Pulmonaten.

Von

C. Heidermanns, Bonn (Zool. Institut).

Mit 5 Abbildungen im Text.

Der Gesichtssinn der Pulmonaten ist trotz verhältnismäßig hoher anatomischer Organisationsstufe ihres Auges nur schwach ausgebildet. Die Möglichkeit des Zustandekommens eines richtigen Bildsehens kann mit Recht verneint werden. Die Ursache hierfür darf neben vielem anderem vor allem in der außerordentlich geringen Zahl der lichtempfindlichen Stäbchenzellen gesucht werden. Ihre Zahl dürfte bei *Limax cinereoniger* 1000 bei weitem nicht erreichen. Eine Akkommodation, die erst ein wirkliches Bildsehen ermöglicht, ist bisher nicht nachgewiesen. Die Kleinheit des Auges von *L. cinereoniger*, einer der größten Formen mit den bestentwickelten Augen, wird erst dann klar, wenn man ein solches Auge aus dem Fühler herauspräpariert. Es besitzt nur einen Bruchteil der Größe, die man ihm nach äußerem Anblick im Fühler zuzuschreiben geneigt ist. Anpassung des Auges an verschiedene Lichtintensitäten ist nach Untersuchungen von Smith und Eisenmann nicht möglich, da Pigmentwanderung wie etwa im Cephalopodenauge innerhalb der Retina durch Versuche nicht nachgewiesen werden konnte. Bei Formen, bei denen eine Linse vorkommt, besitzt diese eine kugelförmige Gestalt, eine Form, die für ein Lufttier eine naturgetreue Abbildung schwerlich liefern kann. Man wird in ihr eine Einrichtung sehen dürfen, die lediglich der Verstärkung der Lichtintensität an bestimmten Stellen der Retina dient, ohne eine genaue Abbildung der Lichtquelle zu geben. Sie dürfte namentlich bei schwachen Lichtintensitäten die Reaktions-

fähigkeit der Sehzellen erhöhen oder überhaupt erst ermöglichen. Vielen Pulmonaten fehlt aber eine Linse überhaupt. Man kann ihnen nach dem Bau ihrer Augen nur ein Richtungssehen zuschreiben. Die Stylomatophoren, bei denen das Auge auf der Spitze des Augenfühlers sitzt, sind durch die außerordentliche Beweglichkeit des Fühlers in der Lage, ihr Auge schnell nach allen Seiten zu wenden und sich so über die Richtung des einfallenden Lichtes zu orientieren. Als Feuchtlufttiere suchen sie dunkle oder schattige Lebensräume auf, die sie vor direkter Sonnenbestrahlung und bewegter Luft und damit vor Austrocknung schützen.

Der Bau des Auges von *Limax maximus* ist nach den Untersuchungen von A. Henchman, G. Smith und R. Hesse hinreichend bekannt. Von einer membranartigen, kugeligen Hülle eingeschlossen, liegt im unteren Teil das Sehepithel, durchsetzt von Pigmentzellen, die gleichzeitig Stützfunktion ausüben. Die von den Sehzellen abgehenden Nervenfasern laufen in besonderer Schicht unter dem Epithel her und gehen annähernd am tiefsten Punkte als Sehnerv ab. Der obere Teil des Auges wird von einem durchsichtigen Epithel gebildet, das nach Wirbeltieranalogie Cornea genannt wird. Die Längsachsen all dieser Zellen sind fast genau auf den Mittelpunkt der Augenkapsel gerichtet. Durch die lichten Zellen der Cornea fällt wie durch ein rundes Fenster das Licht in das Innere des Auges. Die Cornea nimmt etwa 120—130 Bogengrade des durch sie median hindurchgelegten Kreises ein, liefert also ein ziemlich großes Gesichtsfeld. Innerhalb des die Kapsel allseitig umgebenden Epithels befindet sich eine Augenflüssigkeit, die ihrerseits wiederum eine kugelige, stark lichtbrechende Linse umgibt. Auf dem Breitekreise, auf dem das pigmentierte Sehepithel aufhört, ist dieses irisartig etwas gegen das Innere vorgeschoben, wodurch eine stärkere Abblendung des Auges erreicht wird. Die Lage der Linse im Innern der Augenkapsel ist ungewiß. Es bestände die Möglichkeit, daß sie dicht der Cornea angelagert, aber der vorspringende irisartige Pigmentring läßt eine zentralere Lage wahrscheinlich sein.

Das durchsichtige Corneaepithel besitzt die Eigentümlichkeit, daß seine Zellen regional verschiedene Höhen besitzen. Die Kerne dieser Zellen liegen alle am äußersten distalen Ende.

Das Limaxauge kann so orientiert werden, daß man im eingezogenen Zustande die Seite, die dem Sehnerven zugewandt

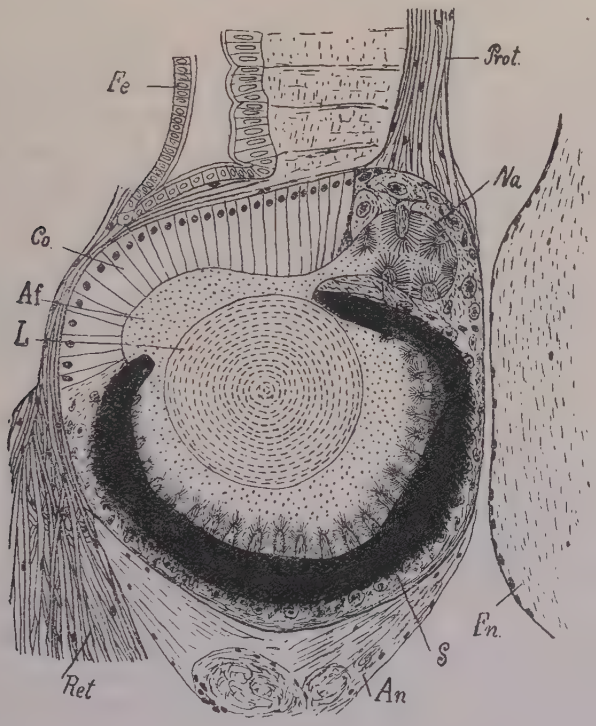


Abb. 1.

Limax flavus, Auge, median, mit Nebenauge. Af Augenflüssigkeit. An Augennerv. Co Cornea. Fe Fühlerepithel. Fn Fühlernerv. L Linsen. Na Nebenauge. Prot Protraktor. Ret. Retraktor. S Sehepithel des Hauptauges.

ist, als Innenseite, die, welche ihm abgewandt ist, als Außenseite bezeichnet; die Corneazellen würden die obere, der Sehnervenabgang die untere Seite darstellen. In dieser Orientierung fand ich die Corneazellen, die der Außenseite zu liegen, kürzer, die der Innenseite genähert sind, länger (Abb. 1).

Das Limaxauge besitzt nun noch ein eigenartiges Gebilde, das als Nebenretina bezeichnet wird. In der vorhin festgelegten Orientierung liegt es, von der gemeinsamen Hülle eingeschlossen, an der oberen Innenseite des Auges zwischen dem pigmentierten Sehepithel oberhalb des irisartigen Ringes und der Cornea. Seiner Lage nach nimmt es einen Teil der Cornea ein. Charakteristisch für dieses Sehepithel ist das Fehlen der Pigmentzellen. An der Berührungsstelle der beiden Sehepithelien ist der irisartige Ring, der hier auf der unteren Seite pigmentiert, auf der oberen unpigmentiert ist, besonders weit gegen das Augeninnere vorgezogen. Das Sehepithel des Nebenauges besteht aus Stäbchenzellen und pigmentlosen Stützzellen. Smith u. a. berühren die Frage, ob diese Stützzellen Corneazellen oder pigmentlos gebliebene Zellen sind, die den Pigmentzellen der Hauptretina entsprechen. Bei der einheitlichen ontogenetischen Entstehung des Auges aus Ektoderm werden alle Zellarten nichts anders sein als verschiedene Differenzierung desselben Ausgangsmaterials.

Die Zahl der Stäbchen des Nebenauges ist sehr klein und schwankt bei den einzelnen Limaxarten. Nach genauer Zählung fand ich bei *L. cinereoniger* 40, bei *Agriolimax agrestris* 15. Bei *L. flavus* dürfte sie gleich der des *cinereoniger* sein, bei *L. arborum* zwischen *cinereoniger* und *agrestris* stehen. Die Stäbchen des Nebenauges stehen an Größe denen des Hauptauges durchaus nicht nach. Der feinere Bau der Stäbchen des Nebenauges stimmt genau mit dem der Stäbchen des Hauptauges überein. Durch die Fixierungsmethoden verquellen die Stäbchen stets mehr oder weniger. Ihre wahre Gestalt erhält man aber leicht durch Präparation des frischen Auges und Zerzupfen desselben in physiologischer Kochsalzlösung. Der Fibrillensaum ist alsdann deutlich sichtbar, aber merkwürdigerweise erscheint das Stäbchen selbst nicht etwa, wie man nach den bekannten histologischen Bildern vermuten sollte, wegen der vielen durchziehenden Fibrillen gestreift, sondern außerordentlich stark lichtbrechend grob gekörnelt. Die Stäbchen sollen nach Smith im polarisierten Licht doppelbrechend sein. Eine Prüfung dieses Befundes durch

Herrn Prof. Dr. W. J. Schmidt an frischen isolierten Stäbchen ergab aber keine Bestätigung.

Die Stäbchen des Nebenauges ragen in einen Raum, der am besten mit einem langhalsigen Rundkolben verglichen werden kann. Auch hier zeigt die Längsachse aller Stäbchen wie im Hauptauge auf den Mittelpunkt dieses Raumes hin, nur konvergieren hier die einzelnen Stäbchen oft recht beträchtlich gegeneinander, da bei gleicher Stäbchen- und Zellengröße infolge des geringeren Radius des Nebenraumes der Krümmungsbogen ein viel größerer geworden ist. Das mag die Ursache sein, daß frühere Untersucher, vor allem Smith, zu der Ansicht kamen, daß im Nebenauge die Stäbchen ungerichtet und regellos durcheinander lägen.

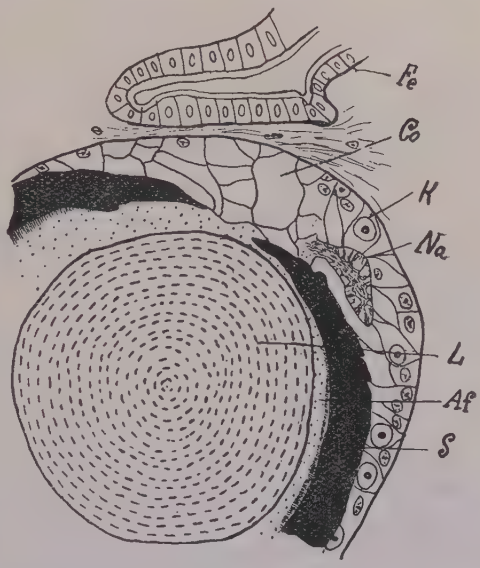


Abb. 2.
Hyalina cellaria, Nebenauge. Af Augenflüssigkeit. Co Cornea. Fe Fühlerepithel. K Kern einer Sehzelle der Nebenretina. Na Nebenauge. L Linse, S. Sehepithel des Hauptauges.

Der Nebenaugenraum steht durch einen ziemlich engen Kanal mit dem Innenraum des Hauptauges in Verbindung. Beide sind mit der gleichen Augenflüssigkeit erfüllt. Smith schildert für das Nebenauge eine besondere Linse, die bisweilen im Nebenauge ausgebildet sei. Von einer solchen ist aber nie etwas zu erkennen. Der Irrtum dürfte, wie aus seiner Abb. Plate 2 Abb. 13 hervorgeht, darauf beruhen, daß er einen ovalen, stark gefärbten Schnitt durch die Augenflüssigkeit für eine Linse gehalten hat.

Außer bei allen Vertretern der Gattung *Limax* fand ich eine Nebenretina noch bei *Hyalina cellaria*, wenn auch in bedeutend kleinerer Ausbildung (Abb. 2). *Hyalina cellaria* besitzt im Sehepithel keine Stäbchen, sondern einen feinen Stiftchensaum. An derselben Stelle des Auges wie bei Limax befindet sich ein Nebenaugenraum, der mit Augenflüssigkeit erfüllt ist, und der, wie an Schnittreihen zu verfolgen ist, durch einen Kanal mit dem Hauptauge in Verbindung steht. In den Nebenraum ragen die Stiftchen der hier ebenfalls von pigmentlosen Stützzellen umgebenen Sehzellen hinein. Die Zahl der Sehzellen des Nebenauges ist sehr gering, dürfte nach der Zahl der Kerne 6—8 nicht übersteigen. Die gleichartige Ausbildung bei beiden Gattungen ist aber vollkommen.

Eine noch ungeklärte Frage des Gastropodenauges ist die Frage nach der Herkunft der Linse und vor allem der Augenflüssigkeit. Meisenheimer gibt an, daß die Linse sich als Ausscheidung von seiten der Bläschenwandung, aus der sich das Auge differenziert, absondert. Es ist zu vermuten, daß sich nicht alle Zellen an dieser Absonderung beteiligen. Bei den hochentwickelten Augen der Tintenfische entsteht sie, wenn auch wohl auf andere Art, aus einem bestimmten Zellkomplex. Über die Absonderung der Augenflüssigkeit wissen wir auch nichts als Vermutungen, und zwar werden hierfür die Corneazellen und die Pigmentzellen des Sehepithels herangezogen. Beides sind aber Zellarten, die bereits eine bestimmte ganz andersartige Funktion besitzen, wenn dies auch von vorneherein nicht eine Sekretionsnatur auszuschließen braucht.

Im Auge jeder von mir untersuchten Pulmonatenart sind die einzelnen Zellarten wie Sehzellen, Corneazellen und Pigmentzellen schon an der Größe und Form ihres zugehörigen Kernes zu erkennen. Es fiel auf, daß in jedem Auge an bestimmter Stelle, dort, wo das pigmentierte Sehepithel in die Cornea übergeht, einige Zellkerne sich befinden, die die Kerne der Sehzellen an Größe bedeutend übertreffen. Ferner ist der zugehörige Zellkörper dunkler gefärbt als die Zellkörper der meist sehr hell gefärbten Sehzellen. Solche großen,

dunkler gefärbten Zellen finden sich an der betreffenden Stelle nicht nur bei allen Limaxarten, sondern in besonders schöner Ausbildung bei *Arion empericorum*, *Buluminus detritus*, *Succinea putris* und *Hyalina cellaria*, d. h. bei allen von mir untersuchten Arten (Abb. 3—5). Bei *Succinea putris* ist die Zellkerngröße nicht besonders von der der Sehzellen verschieden, da diese bei dieser Art ausnahmsweise groß sind. Bei allen anderen Arten jedoch ist der Unterschied deutlich erkennbar. Durch-

Abb. 3.
Arion empericorum. Drüsenzelle.

Abb. 4.
Buluminus detritus. Drüsenzelle.

sicht aufeinanderfolgender Schnitte läßt, da man bei der gebogenen Form dieser Zellen fast nie einen Längsschnitt erhält, jedesmal ein Hinaufziehen des Zelleibes bis zur Epithelhöhe erkennen, an der sie enden. Bei den Limaxarten und bei *Succinea*, Formen, deren Sehzellen Stäbchenform besitzen, könnte man immerhin vermuten, daß das proximale Ende einem abgebrochenen Stäbchen entspricht, bei den anderen Arten *Arion*, *Buluminus* und *Hyalina*, Formen mit Stiftchen-

saum, kann eine Verwechslung mit Sehzellen nicht vorliegen. Bei *Arion* und *Buluminus* vor allem entspricht die Form dieser Zellen ganz der von Drüsenzellen. Sie liegen teilweise vollkommen in den Corneazellen; so fand ich bei *Succinea* eine, die rings von Corneazellen eingeschlossen war (Abb. 5).

Dies würde für drüsige Funktion dieser Zellen sprechen. Eigentliche Granula fanden sich jedoch in den Zelleibern nicht. Diese waren vielmehr feinfädiger, manchmal auch etwas netzartiger Struktur. Vielfach findet sich in der Retina von Wirbeltieren und Wirbellosen, daß Sehzellen, die in den seitlichsten Teilen stehen, also nur sehr selten in Funktion treten, verkümmert oder mißbildet sind. Dies ist aber hier wegen der starken Ausbildung des Kernes nicht anzunehmen. Trotzdem der direkte Beweis ihrer Sekretionsfähigkeit fehlt, halte ich doch ihren drüsigen Charakter für das wahrscheinlichste, wobei dahingestellt bleiben mag, ob sie dauernd oder nur vorübergehend secernierend tätig sind. Drüsen, die nur ganz kurze Zeit — wenige Tage — tätig sind, fand ich auch im Verdauungskanal von *Planorbis*. Eine Drüsenzelle findet sich ja auch im Alciopidenauge, wo ihre secernierende Tätigkeit sicher nachgewiesen ist.

Abb. 5.
Succinea putris.
Drüsenzelle.

Das Auftreten des Nebenauges bei *Limax* und *Hyalina cellaria* legt die Frage nach seiner Bedeutung und Tätigkeit nahe. Außer bei den genannten Formen sind solche Nebenretinae bei Alciopiden, bei Hornissen und bei Tiefseefischen gefunden worden. R. Hesse sieht ihre Bedeutung in einer Erweiterung des Gesichtsfeldes. Dies wird besonders bedeutungsvoll sein für Tiere, die sich nach häufig ganz schwachen Lichtintensitäten richten müssen, also namentlich für Dunkeltiere, wozu ja ihrer Lebensweise nach die Gattung *Limax*

— vielleicht nicht so sehr *Agriolimax agrestris* — und *Hyalina cellaria* zu rechnen sind.

L. flavus z. B. fand ich nur in dunklen, feuchten Kellern, und auch hier konnte ich beobachten, daß sie bei Tage sich in eine dunkle Ecke verkriechen, trotzdem nur ganz geringe Lichtspuren durch kleine Fenster eindrangen, mit eintretender Dämmerung dagegen ihre Verstecke verließen und auf Nahrungssuche gingen, für die optische Empfindungen bei der völligen Dunkelheit sie wohl kaum leiten dürften. *Hyalina cellaria* fand ich in den Gewächshäusern des botanischen Gartens, am Tage unter Töpfen verkrochen; erst bei Dunkelheit verlassen sie ihr Versteck. *L. cinereoniger* und *L. arborum* sind ebenfalls Dunkeltiere, wenn auch nicht in gleichem Maße wie *flavus*. Tagsüber halten sie sich meist in Baumhöhlen oder sonstigen Verstecken verborgen.

Zu einem Richtungssehen sind die Nebenaugen wegen des Fehlens des Pigmentes nicht geeignet; sie können nur ein Hell-Dunkelsehen vermitteln, aber dies offenbar selbst dann, wenn in das Hauptauge überhaupt keine Lichtstrahlen gelangen, falls sie aus einer Richtung kommen, daß sie durch die Pigmenthülle abgehalten werden. Vor allem, wenn das Tier seine Augen eingezogen hat, ist in lichtschwachen Räumen seine optische Verbindung mit der Außenwelt nahezu ganz aufgehoben.

Es findet sich nun im Limaxauge ein sinnreicher Mechanismus, der auch in diesem Zustande mit Hilfe des Nebenauges das Gesichtsfeld des Tieres in bezug auf Helligkeitsunterschied bedeutend erhöht. An der Stelle, an der sich das Nebenauge befindet, setzt sich ein starker Muskel an — er sei *musculus protractor oculi* genannt, — der im eingezogenen Zustande des Auges (s. Abb. 1 Prot.) nach oben in den überstehenden Fühler verläuft und sich hier auffasert. Bei einer Kontraktion dieses Muskels, die das Hervorkommen des Auges einleitet, wird nun das Nebenauge an die höchste Stelle des Auges gezogen. Lichtstrahlen werden nun sowohl von der einen Seite durch die Cornea, aber auch wegen des Fehlens des Pigmentes von oben und von der Rückseite durch den

durchsichtigen Fühler hindurch an die Sehzellen gelangen. Ist das Auge, wohl auch durch Blutdruckwirkung, ganz ausgestülpt, dann steht die Cornea des Hauptauges nach oben, das Nebenauge ist dann schräg nach unten und zur Seite gerichtet. An der anderen Seite der Cornea entlang verläuft ein zweiter Muskel, der *musculus retractor oculi* (Abb. 1, Ret.), der am Epithel des Fühlers inseriert, aber einen schwachen Ausläufer über die Cornea hinweg bis zum *musculus protractor oculi* abzweigt. Kontraktion dieses Muskels, der das Auge einstülpt, wirkt so, daß bei schlaffem protractor das Nebenauge wiederum die höchste Stelle während des Einstülpens einnimmt und in eingestülpter Lage beibehält. Die Erweiterung des Gesichtsfeldes ist besonders in lichtschwachen Räumen mit einseitigem Lichteinfall, wie es in freier Natur in größeren und kleineren Höhlen, ja selbst Verstecken zu sein pflegt, von großer Bedeutung. Ferner wird die Schnecke auch dann ein großes Helldunkel-Gesichtsfeld besitzen, wenn der Fühler aus irgend welchen Ursachen eingezogen ist.

Es soll allerdings nicht behauptet werden, daß das Fehlen eines Nebenauges und damit Verengerung des Gesichtsfeldes die Dunkeltiere in allen Fällen in ihrer Lebensweite beeinflusse. In allen Organismengruppen finden wir Organe oder besser Bildungen, deren Vorhandensein dem Individuum vorteilhaft sein kann, aber nicht solche Bedeutung zu gewinnen braucht, daß ohne ihr Dasein der Organismus beträchtlichen Schaden erlitte.

Literatur.

1. Bäcker, R. Zur Kenntnis der Gastropodenaugen. Zool. Anz. Bd. 25. 1902. S. 548—551.
2. Eisenmann, Hanna. Untersuchungen am Gastropodenauge. Zool. Anz. Bd. 51. 1920. S. 143—158.
3. Franz, V. Über Hautlichtsinn, Augen und Fühlerfunktion bei Stylomatophoren. Zool. Jahrb. Bd. 38. Physiol. 1914. S. 171—202.
4. Hesse, R. Über die Retina des Gastropodenauges. Verh. d. deutsch. Zool. Ges. 13. Vers. 1902. S. 121—125.
5. Meisenheimer. Entwicklungsgeschichte von *Limax maximus*. Zeitschr. f. wiss, Zool. Bd. 63. 1898. S. 573—664.
6. Smith, G. The Eyes of certain Pulmonate Gasteropods, with special Reference to the Neurofibrillae in *Limax maximus* Bulletin. Mus. of Comparative Zool. in Cambridge. Bd. 48. 1906. S. 233—282.

Studien über die Verteilung und die ökologische Bedeutung des Flimmerepithels auf der Haut unserer Land- und Süßwassergastropoden.

Von

Adolf Herfs in Leverkusen.

Mit 4 Abbildungen.

Früher nahm man irrtümlicherweise an, daß bei den Gastropoden, ähnlich wie bei den Turbellarien, die ganze Hautoberfläche ein Flimmerepithel trage (vergl. Valentin, 1842). Aber schon Carl Theod. von Siebold (1848) konnte diesen Irrtum wenigstens teilweise berichtigen. Er stellte fest, daß bei den Landschnecken nur die Sohlenfläche Flimmern trägt, daß aber die übrige Haut des Fußes kein Flimmerepithel besitzt. Ein über die ganze Körperoberfläche verbreitetes Flimmerepithelium findet sich bei *Lymnaeus*, *Planorbis*, *Physa*, *Paludina*, *Valvata*, *Tergipes*, *Flabellina*, *Polycera* etc. Ein solches Flimmerepithelium sah ich merkwürdigerweise bei den Landgastropoden nur auf der unteren Fläche der Sohle, während es an allen übrigen Stellen der Hautoberfläche dieser Schnecke fehlt. Ich kann hiernach Valentin's Aussage (in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bd. I p. 429), daß bei *Limax* und *Helix* die ganze äußere Haut samt den Fühlern flimmere, nicht bestätigen."

Seitdem scheint man sich nicht mehr viel mit der Frage beschäftigt zu haben. So schreibt H. Simroth (1909) in Bronn's Klassen und Ordnungen: „Ein anderer Punkt, der noch nicht genügend beachtet und geklärt zu sein scheint, ist die Verbreitung des Wimperepithels. Sicher

ist, daß es bei den *Basommatophoren* des Wassers viel weiter über den Körper reicht, als bei den *Stylommatophoren*. Die ganze Haut soll wohl bei jenen flimmern, soweit sie nicht von der Schale bedeckt ist. Bei den Landschnecken dagegen beschränken sich die Cilien im allgemeinen auf die Sohle; bei *Arion* wimpern auch die seitlichen Körperwände, und für *Buliminus radiatus* und *Helix lapicida* gibt Leydig in Uebereinstimmung mit Semper das gleiche an. Dazu fand er noch eine Wimperzone am Rande des Pneumostoms bei einigen *Helix* und bei *Limax arborum*, ja bei letzterem erstreckt sie sich am Rande des Mantels weit nach vorn. Auf der anderen Seite scheint es ihm, daß zwar die Wimperung der Fußdrüse sich auf die Sohle fortsetzt, daß aber auf dieser flimmernde Epithelzellen von nicht flimmernden unterbrochen werden."

Beck (1912) betont dann, daß bei *Buliminus*-Arten sich die Flimmern auf die Sohle beschränken. „Die Behauptung Semper's und Leydig's, daß bei *Buliminus radiatus* auch die seitlichen Körperwände flimmern wie bei *Arion*, kann ich aber nicht bestätigen."

Man ist bis in die neueste Zeit nicht weit über Siebold's Angaben hinausgekommen, und so tat Simroth sehr recht, von neuem die Aufmerksamkeit der Zoologen auf die Frage nach der Beflimmerung der Schneckenhaut hinzulenken. Wichtig und richtig sind die Angaben, daß bei Landschnecken nur die Sohle (Beck, 1912 bei *Buliminus*) und der Pneumostomrand Flimmern trägt.

Bei meinen Untersuchungen über die Hautdrüsen der Gastropoden (Herfs, 1922) habe ich mich auch eingehender mit der Frage der Verteilung des Flimmerepithels auf der Schneckenhaut beschäftigt. Ich konnte dabei feststellen, daß bei den Wasserschnecken, *Limnaea*, *Planorbis*, *Physa*, *Amphipeplea* und *Paludina* keineswegs die ganze äußere Haut ein Flimmerepithel besitzt, wie etwa die Süßwasserturbellarien. Auch bei den Wasserschnecken beschränkt sich das Flimmerepithel im wesentlichen auf die Sohle.

Bei *Paludia Drap.* flimmern nach meinen Untersuchungen:

a) die Sohle und zwar auf dem ganzen Querschnitt. Die Flimmerlänge beträgt etwa 6—9 μ,
b) die Unterseite des Tentakels, wo dieser in das Kopfstück übergeht. Hier setzen sich die Flimmern allerdings eine kurze Strecke auf die Kopfseiten fort.
c) der dorsale Vorderrand des Fußes unter dem Kopfe,
d) die Atemlochregion.

Auch bei den Süßwasserbasommatophoren trägt im wesentlichen nur das Sohlenepithel Flimmern, und zwar

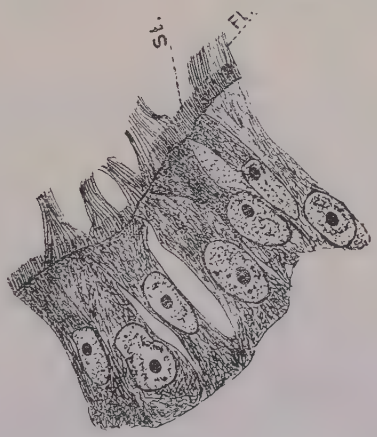


Abb. 1.
Seitenrandepithel des Fußrückens von *Planorbis corneus* L. mit Flimmern = Fl. und Stäbchen-Cuticula = St. (Sublimat-Osmium-Säure, Eisenhämatoxylin nach Heidenhain). Vergr. 1044.

wieder auf dem ganzen Querschnitt. Hier sind die Flimmern, wie bei *Paludina* recht stark entwickelt. Sie erreichen bei *Planorbis* und *Limnaea* eine Länge von 7—9 μ, bei *Amphipeplea* etwa 3,5—4,5 μ (bei kleinen Exemplaren). Die Flimmern erstrecken sich übrigens bei den *Basommatophoren* deutlich auch noch auf das untere Seitenepithel, den Sohlenrand, soweit die Sohlendrüsen hinaufreichen. Gegen das Fußende nehmen die Flimmern auf der Sohle, wie es auch bei *Paludina* der Fall ist, an Zahl und Länge beträchtlich ab. Interessant ist, daß das Sohlenepithel der Süßwasser-Lungenschnecken eine gut entwickelte Cuticula besitzt. Diese erscheint bei Formol-Konservierung rein homogen, bei

Fixierung mit Mislawsky's Sublimat-Osmium-Kochsalz-Gemisch stellt sich aber heraus, daß die Cuticula aus feinen, wimperartigen Stäbchen besteht (Abb. 1). Diese Stäbchencuticula kann bei *Limnaea* eine Höhe von 2,5 μ erreichen. An manchen Stellen scheint sich über die Cuticularstäbchen noch ein ganz feines Häutchen zu legen, das aber an anderen Stellen wieder fehlt. Die Stäbchencuticula kommt sowohl auf dem Seiten- und Rückenepithel, wie auf dem Epithel der Sohle vor. Besonders gut ist der Stäbchensaum am Uebergangsepithel von Sohle und Seite zu studieren. Auf der Sohle sieht man außer dem Saume der langen, beweglichen Flimmern auch noch den niederen Stäbchencuticularsaum (Abb. 1).

Man könnte die Stäbchen zunächst etwa für kurze Flimmern halten. Mit dem Binokular konnte ich nun gut das Wellenspiel der langen Sohlenflimmern beobachten; auf Seite und Rücken, wo zwar die kurzen Stäbchen, nicht aber die langen Flimmern vorkommen, habe ich nie dergl. festgestellt.

Endlich wäre noch die Frage zu erörtern, ob die Flimmern einziehbar sind, wie dies an anderem Material, z. B. den Cuticularfortsätzen des Darmepithels verschiedener Tiergruppen behauptet worden ist (vergl. Gurwitsch, 1904, S. 59). Danach wären die Cuticularstäbchen teilweise eingezogene, die Flimmern aber völlig ausgestreckte Cilien. Das ist nun, wenigstens für unseren Fall, schon aus dem Grunde unwahrscheinlich, weil man dann auch auf den Seiten des Schneckenfußes echte, ausgestreckte Flimmern beobachten müßte, was nie zutrifft. Man findet hier wohl die Stäbchencuticula, nie aber Flimmern.

Daß übrigens bis in die neueste Zeit sich die irrtümliche Behauptung, die ganze Haut des Fußes der Wasserschnecken flimmere, gehalten hat, wird vielleicht durch das Vorkommen blasenförmiger Sekretion, die ich als weitverbreitete Erscheinung bei den *Basommatophoren* nachweisen konnte, erklärt. Der freie Epithelrand erhält dadurch ein gefranseltes Aussehen, das zumal bei schwächerer Vergrößerung

ab und zu den Eindruck eines Flimmerepithels hervorrufen kann (vergl. A. Herfs, 1922. Abb. 10). Nach meinen Beobachtungen flimmern bei den Basommatophoren nur Sohle, Sohlenrand und einige ganz beschränkte Hautpartien, z. B. die Stelle um das Pneumostom. Auf Rücken und Seitenhaut des Fußes ist aber keine Spur von Flimmern wahrzunehmen.

Recht interessant sind auch die Verhältnisse der Verteilung des Flimmerepithels bei den Landschnecken. Seit Siebold ist es bekannt, daß nur die Sohle, nicht aber die übrige Hautoberfläche wimpert,

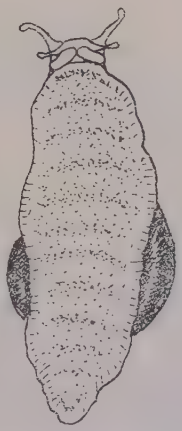


Abb. 2.
Helix pomatia L., schematisiert nach R. Hesse, 1910, gez. v. O. Landau, Bonn. Flimmertragende Hautstelle in der Zeichnung punktiert.

außer der Region des Pneumostoms. Auch der dorsale Vorderrand des Fußes unter dem Kopfteil trägt große Flimmern von etwa 9 μ Länge (bei *Tachea nemoralis* L.). Besonders untersuchte ich die Verteilung der Flimmern auf der Sohle. Ich trug von Schnittserien von 10 μ Dicke des Schnitts jeden zehnten Schnitt nach Verteilung der Flimmern in ein Schema ein. Dabei stellte es sich heraus, daß bei den Gehäuseschnecken die Sohle auf dem ganzen Querschnitt Flimmern trägt (Abb. 2). Auf dem Vorderrand der Sohle stehen die Flimmern am dichtesten und sind hier auch am längsten, um gegen das Sohlenende an Zahl und Größe stark abzunehmen. Die Länge der bestausgebil-

deten Flimmern beträgt bei den Gehäuseschnecken etwa 3—5 μ (gemessen bei *Tachea nemoralis* L., *Arianta arbustorum* L., *Xerophila ericetorum Müll.*, *X. obvia var. dobrutschae*, *Buliminus detritus* Müll.). Die Länge der Flimmern der Landgehäuseschnecken tritt also im Vergleich zu denen der gehäusetragenden Wasserschnecken stark zurück. Auch scheinen die Flimmern auf der Sohle der Landschnecken schneller abgeschlissen zu werden als die der Wasserschnecken.

Wie die Gehäuseschnecken verhält sich auch *Daudebardia*. Bei ihr flimmert die Sohle auf dem ganzen Querschnitt. Auch der Sohlenrand, der sich übrigens ziemlich scharf von der eigentlichen Seite durch eine Falte absetzt, ist mit 8—9 μ langen Flimmern besetzt, während die Länge der Sohlenflimmern etwa 4 μ beträgt.

Bei *Cyclostoma elegans* Drap. trägt die äußere Haut überhaupt keine Flimmern. Auch die Sohle ist ganz frei davon, eine Tatsache, die übrigens schon Claperède (1858) bekannt war. Das Sohlenepithel ist dafür mit einer ziemlich starken Cuticula versehen.

Ganz anders als die Gehäuseschnecken verhalten sich die Nacktschnecken inbezug auf die Verteilung der Flimmern. Bei den Nacktschnecken flimmert nämlich die Sohle nicht auf dem ganzen Querschnitt. Die Flimmern der Sohle sind hier nur auf das lokomotorische Mittelfeld beschränkt, die Seitenfelder, über welche beim Kriechen keine lokomotorischen Wellen gleiten, sind völlig ohne Flimmern (Abb. 3). Es ist jedenfalls recht auffallend, daß bei den Landschnecken, bei deren Fortbewegung das typische Wellenspiel auftritt, das Vorkommen der Flimmern auf der Sohle an die Region der lokomotorischen Wellen geknüpft ist. Bei den Gehäuseschnecken, wo die lokomotorischen Wellen sich über den ganzen Querschnitt der Sohle erstrecken, treten auch die Flimmern auf dem ganzen Sohlenquerschnitt auf. Eine Ausnahme bildet vielleicht *Succinea*. Nach H. Simroth (1881) soll bei *Succinea* „eine ähnliche, wenn auch weniger

scharfe Dreiteilung der Sohle wie bei *Limax*" vorhanden sein. „Die Wellen sind, namentlich bei energischem Kriechen zumal an der Wasseroberfläche, auf das Mittelfeld beschränkt." Ich fand nun bei *Succinea* die Flimmern auf dem ganzen Querschnitt der Sohle verbreitet. Sie sind dabei weit besser ausgebildet als bei den meisten Landgehäuse-

Abb. 3.

Limax maximus L., gez. v. O. Landau. Flimmertragende Hautstelle in der Zeichnung punktiert.

Abb. 4.

Arion empiricorum Fér., schematisiert nach D. Geyer, 1909, gez. von O. Landau. Flimmertragende Hautstellen in der Zeichnung punktiert.

Abb. 3. Abb. 4.

schnecken. Sie messen an Länge bei dem kleinen Tier 4—5 μ.

Bei den Nacktschnecken flimmern außer der Sohle auch besonders stark der seitlich gelegene Sohlenrand und der Pneumostomrand (Abb. 4). Die Flimmern des Sohlenrandes messen bei *Agriolimax agrestis L.* 5—6 μ, die Sohlenflimmern nur 3—4 μ.

Bei *Arion* flimmert außer der scharf ausgeprägten Sohlenleiste besonders die Schwanzdrüse sehr stark (Abb. 4).

Man kann mit dem Binokularmikroskop das Flimmern der Sohlenleiste und der Schwanzdrüse gut im Leben beobachten. Man hat dann das Bild eines heftig wogenden Aehrenfeldes im Kleinen vor sich.

An dieser Stelle möchte ich kurz auf eine irreführende Darstellung und Abbildung hinweisen, die sich in der Arbeit von Walter Friboes 1921, „Beiträge zur Anatomie und Biologie der Haut" findet. Friboes gibt in Abb. 19 seiner Arbeit ein Mikrophotogramm der Haut des Kopfteils der schwarzen Wegschnecke, das den „Bürstenbesatz" dieser Hautstelle zeigen soll. Weiter schreibt Friboes in seinem Text wörtlich: „Ein besonders schönes Objekt zur Untersuchung der Flimmerhaare ist auch der Bürstenbesatz des Kopfteils einer Wegschnecke (vergl. Abb. 19)."

Nach eignen eingehenden Untersuchungen kann ich nur feststellen, daß der Kopfteil der Wegschnecke überhaupt kein Flimmerepithel besitzt, und daß bei der Wegschnecke, wie auch bei den übrigen Nacktschnecken sich die Flimmern nur auf das Mittelfeld der Sohle, den Sohlenrand und die Pneumostomregion beschränken (Abb. 2, 3, 4). Nach Friboes Abb. 19 ist es mir sehr wahrscheinlich, daß er das einschichtige Hautepithel selbst als Flimmern, „Bürstenbesatz" angesehen hat. Zwischen seinem sog. „Bürstenbesatz", finden sich ganz deutlich kleine, keilförmige Gebilde, die zweifellos nichts anders als die typisch keilförmig basal zugespitzten Kerne der Epithelzellen sind. Mit einer Figur, wie Friboes' Abb. 19 läßt sich in keiner Weise das Auftreten von Flimmern auf dem Kopfteil der Wegschnecke beweisen. Auf Friboes' völlig verfehlte und irreführende Darstellung und seine Abbildung der Schneckenhaut hier weiter einzugehen, erübrigt sich, da W. J. Schmidt[1]) in seiner Arbeit Friboes' Auffassung von der Anatomie der

1) W. J. Schmidt, Walter Friboes' Anschauungen über den Aufbau der Epidermis im Lichte vergleichend-histologischer Betrachtung. Dermatologische Zeitschr. Bd. 36. 1922.

Haut schon hinreichend der Kritik unterzogen und als gänzlich unzutreffend zurückgewiesen hat.

Die ökologische Bedeutung des Flimmerepithels. Stellen wir nun die Frage, welche Bedeutung die Flimmern der äußern Körperhaut im Leben der Schnecke haben? Die starke Flimmerung der gesamten Sohlenfläche bei den Wasserschnecken ist besonders wichtig für die Fortbewegung dieser Tiere. Erinnern wir uns daran, daß bei den *Basommatophoren*, wie auch bei *Paludina* keine lokomotorischen Wellen von hinten nach vorn über die Sohle ziehen, sondern daß z. B. beim Kriechen an der Glaswand des Aquariums die Sohlenfläche ruhig und unbewegt ist. Die Bewegung der Wasserschnecken erfolgt auch garnicht durch Muskeltätigkeit, sondern durch die Tätigkeit der Sohlenflimmern, die in regelmäßigem Rhythmus als unzählige kleine Ruder in dem Schleim, der von den einzelligen Drüsen der Sohle geliefert wird, arbeiten und den Körper vorwärts schieben. Durch Zerlegen der Ruderfläche in zahllose kleine Einzelruder (-Flimmern), wird die Ruderfläche und damit auch die Ruderleistung ganz bedeutend vergrößert. R. Hesse (1910) beschreibt die Art der Fortbewegung durch Flimmern für Turbellarien. Da dasselbe auch für unsere Wasserschnecken zutrifft, so setze ich die betreffende Stelle hierher. „Die Flimmern, mit denen die Kriechsohle bei diesen Tieren besetzt ist, schlagen kräftig gegen das hintere Körperende, zugleich wird ein zäher Schleim abgesondert, der sofort fest an der Unterlage festklebt (Abb. 107). In diesem Schleimband erfolgt der Schlag der Flimmern. Sie würden den Schleim nach rückwärts drängen, wenn er nicht festgeklebt wäre, so ist aber das Ergebnis ein Vorwärtsgleiten des Wurmkörpers“ (in unserm Falle des Schneckenkörpers). In der Tat, wenn man eine *Limnaea* oder einen *Planorbis* an der Schale festhält und auf den Rücken dreht, dann mit einem Pinselchen, das man in Lycopodiumsamen getaucht hat, quer vorn über die Sohle einen Strich zieht, so bewegt sich dieser Strich ziemlich gleichmäßig in seiner ganzen Breite zum hinteren Körperende hin. Der Strich aber

ist nichts anderes als das durch den Lycopodiumsamen verdeutlichte Schleimband, das nun, wo die Sohle selbst feststeht, nach hinten geschoben wird.

Während nun bei den Wasserschnecken die Flimmern von ausschlaggebender Bedeutung für die Fortbewegung sind, tritt diese Bedeutung bei den Landschnecken sehr zurück. Ja, ich glaube, daß die Flimmern auf der Sohle der Landschnecken direkt überhaupt nichts mit der Fortbewegung zu tun haben. So sind sie im Vergleich zu den Flimmern der Wasserschnecken bei den Landformen auch nur gering ausgebildet.

Die Fortbewegung der Landschnecken erfolgt stets durch Muskeltätigkeit, die immerhin eine größere Arbeitsleistung zu liefern imstande ist als die Flimmertätigkeit. Aber man muß bedenken, daß bei Wasserschnecken das Tier nach dem Prinzip des Archimedes soviel an Gewicht verliert, wie die von ihm verdrängte Wassermenge wiegt. Es ist also — sonst gleiche Bedingungen vorausgesetzt — im Wasser ein geringeres Gewicht zu bewegen als in der Luft, auf dem Lande. Allerdings ist der Wasserwiderstand größer als der Luftwiderstand. Aber durch die Absonderung des Schleimes auf die Körperhaut und durch Anpassungen im Bau des Gehäuses an die Lebensbedingungen im Wasser werden diese durch die größere Reibung im Wasser bedingten Nachteile wieder einigermaßen wettgemacht.

Welche Rolle spielt denn nun das Flimmerepithel auf der Sohle der Landschnecken? Ich glaube, daß hier die Flimmern besonders zur Ausbreitung und Verteilung des Schleimbandes, das von der Fußdrüse und den Sohlendrüsen gebildet wird, unter die kriechende Sohle dienen. Ohne dieses Schleimband ist für die Schnecke ein Fortkriechen ganz unmöglich. So erklärt sich die Tatsache, daß die Flimmern stets nur auf dem lokomotorischen Feld der Sohle, also bei den Gehäuseschnecken auf dem ganzen Sohlenquerschnitt vorkommen, bei den Nacktschnecken nur auf das Mittelfeld der Sohle beschränkt sind (Abb. 2 und 3).

Nun noch kurz ein Wort über die Bedeutung der starken Flimmerung auf den Sohlenleisten der Nacktschnecken. Hier dient die Flimmerung wohl dazu, kleine Fremdkörper, wie Staub usw., die vom Rücken und den Seiten der Schnecke durch den Schleim abgespült werden und sich auf der Sohlenleiste sammeln, mit dem Schleim längs der Sohlenleiste zum hinteren Körperende zu schaffen, wo die Fremdkörper mit dem Schleim abgestoßen werden. So gelangen also die Erdteilchen usw. nicht unter die Sohle selbst und stören nicht die Fortbewegung. Sehr hübsch kann man diesen Vorgang bei *Arion empiricorum* F é r. beobachten. Wenn man auf den Vorderrand der Sohlenleiste mit einem Pinsel z. B. Lycopodiumsamen auftupft, so sieht man, wie bald einzelne Sporen, bezw. zusammengeklebte Grüppchen derselben mit größter Schnelligkeit zum hinteren Körperende hinwandern. Dort angekommen, sammeln sie sich oben auf der Schwanzdrüse, die ja auch starke Flimmern trägt, durch die die Fremdkörperchen alle dorthin geleitet werden. So erklärt es sich auch, warum man die Arionen bei regnerischem Wetter oft mit einem Häufchen Erde oder kleinen Grasteilchen auf der Schwanzspitze antrifft. Hat sich dort ein Häuflein angesammelt, so wird es durch den Schleimpfropfen, der aus den Drüsenzellen der Schwanzdrüse selbst stammt, abgestoßen.

Die Flimmern der Atemlochregion dienen zur Reinhaltung dieser lebenswichtigen Körperöffnung. Auch hier schaffen sie Fremdkörperchen aus dem Bereich der Atemöffnung, damit die Schmutzteile dann durch den Schleim von der Haut weggespült werden.

Literatur.

B e c k, K., 1912. Anatomie deutscher Buliminus-Arten. Jenaisch. Zeitschr. Bd. 48.

C l a p a r è d e, Ed., 1858. Beitrag zur Anatomie des Cyclostoma elegans. Müllers Arch.

F r i b o e s, W., 1921. Beiträge zur Anatomie und Biologie der Haut. V. Vergleichende Studien über die Anatomie der Haut des Menschen und einiger Tiergattungen. Zeitschr. f. d. gesamte Ana-

tomie. 1. Abt. Zeitschr. f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Herausg. v. E. Kallius u. W. v. Waldeyer-Hartz. Bd. 61, Hft. 1—2.

Geyer, D., 1909. Unsere Land- und Süßwasser-Molusken. Stuttgart.

Gurwitsch, A., 1904. Morphologie und Biologie der Zelle, Jena.

Herfs, A., 1922. Studien an den Hautdrüsen der Land- und Süßwassergastropoden. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 96, 1. Abt.

Hesse, R., 1910. Tierbau und Tierleben. I. Bd., Leipzig.

Leydig, Fr., 1850. a) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Tiere. Frankfurt a. M. S. 104 u. 107.

ders. 1850. b) Ueber Paludina vivipara. Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 2, S. 150—151.

ders. 1876. Die Hautdecke und Schale der Gastropoden, nebst einer Uebersicht der einheimischen Limacinen. Arch. Nat. Bd. 42. S. 209—292.

Semper, C., 1857. Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pulmonaten. Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 8. S. 341—343, 345 ff.

Siebold, K. Th., 1848. Lehrbuch der vergl. Anatomie der wirbellosen Tiere. Bd. 1.

Simroth, H., 1881. Ueber die Bewegung und das Bewegungsorgan des Cyclostoma elegans. Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 36.

ders. 1909. Pulmonata in Bronn's Klassen und Ordnungen. Leipzig,

Valentin, G., 1842. Die Flimmerbewegung, in R. Wagner, Handwörterb. d. Phys. Bd. 1. Braunschweig.

Ueber die Mündungen der Drüsen an den Geschmackspapillen.

Von

Richard Hesse in Bonn.

Mit 4 Abbildungen im Text.

Bei Gelegenheit der vergleichend-histologischen Übungen beobachtete ich an den blättrigen Zungenpapillen (Papillae foliatae) des Kaninchen eine eigentümliche Einrichtung an den Mündungen der Eiweißdrüsen, die sich in den Grund der Furchen dieser Papillen öffnen. Um zu sehen, welche Verbreitung dieser Einrichtung zukommt, untersuchte ich zum Vergleich die blättrigen Papillen beim Menschen und bei einer Reihe von Nagern aus verschiedenen Familien, nämlich einem rotbäuchigen Eichhorn (*Sciurus aureogaster* ?), einem Stachelschwein (*Hystrix* sp.) einem Mara (*Dolichotis* sp.) und einem Aguti (*Dasyprocta* sp.) und die umwallten Papillen (Pap. vallatae) beim Kaninchen, Kalb und Schwein. Die Zungen von Eichhorn, Stachelschwein, Mara und Aguti verdanke ich der großen Freundlichkeit des Herrn Prof. Dr. B. Klatt in Hamburg, der sie für mich konservierte von Material, das aus dem Hagenbeckschen Tierpark in Stellingen stammte. Für die Überlassung einer Papilla foliata der Menschenzunge bin ich Herrn Prof. Dr. Heiderich in Bonn zu Dank verpflichtet.

Zwischen den verschiedenen blättrigen Papillen, die ich untersuchte, finden sich große Unterschiede. Beim Menschen zeigen sie unregelmäßigen Bau der Blätter und reichlich adenoide Gewebsmassen, die auch das Epithel stellenweise durchsetzen; die Pakete der Eiweißdrüsen reichen oft weit bis in die Blätter der Papille hinein; die Ausführgänge dieser

Drüsen münden nicht immer in die Tiefe der Furchen, sondern öfters auch mehr oder weniger hoch, bis gegen die Mitte der Seitenwand. Auch bei den einzelnen Nagerformen zeigen die Papillen charakteristische Unterschiede. Die Epithelleisten, die von der freien Fläche der Blätter in das unterliegende Bindegewebe vorspringen, zeigen nach Zahl und Form konstante Verschiedenheiten (Abb. 1—3). Die Schmeckknospen erstrecken sich verschieden weit, über die ganze Wand der Furchen (Eichhorn) oder nur über deren mittleren Teil (Kaninchen); sie können in der Tiefe der Furchen ganz fehlen (Mara). Die Pakete der Eiweißdrüsen können durchweg unter der obersten Muskellage liegen (Kaninchen) oder bis an die Basis der Furchen reichen (Mara) oder selbst in die Blätter hineingehen (Aguti); ihre Ausmündungen öffnen sich meist in der Tiefe der Furchen, können aber, z. B. beim Eichhorn, zuweilen bis in die halbe Höhe der Blätter reichen, ja ausnahmsweise (Mara) sogar bis an die freie Fläche des Blattes treten. Aber diese Unterschiede lassen keinerlei funktionelle Bedeutung erkennen. Anders ist es mit der Beschaffenheit der Drüsenmündungen.

V. v. Ebner (1) war der Erste, der den innigen Zusammenhang von serösen Drüsen mit den Geschmackspapillen der Säugerzunge erkannte. Die Eiweißdrüsen sind nur an diesen Stellen in der Zunge vorhanden und überschreiten den Bereich der Papillen im allgemeinen nur wenig; sonst kommen nur Schleimdrüsen in der Zungenschleimhaut vor. v. Ebner schloß daraus, „daß das Sekret der Drüsen bestimmt sei, möglichst günstige Bedingungen zu schaffen, damit die Geschmacksknospen ihre Aufgabe erfüllen können", und nannte als Aufgabe der Drüsensekrete: „Lösung fester, schmeckbarer Stoffe, Verdünnung und chemische Veränderung von Flüssigkeiten, die als zu starke Reize wirken, endlich rasche Reinigung der Gräben und Furchen der Geschmacksorgane von schmeckbaren Flüssigkeiten, um die Geschmacksknospen für die Vermittlung neuer Erregungen tauglich zu machen" (S. 61). Davon dürfte allerdings der ersten Aufgabe, Lösung fester schmeckbarer Stoffe, die geringste Bedeutung zukommen; denn eine verdauende Wirkung wird man für dies Sekret nicht an-

nehmen dürfen, und wasserlösliche Bestandteile der Nahrung sind wohl meist schon gelöst, bis sie zu den am Zungengrund gelegenen Geschmackspapillen kommen. Dagegen sind Verdünnung stark reizender Flüssigkeiten und Reinigung der Furchen sicher wichtige Aufgaben des serösen Sekrets.

Wenn keine Nahrungsaufnahme stattfindet, sind also die Furchen der Papille mit dem geschmacklich indifferenten Sekret erfüllt. Bei Nahrungsaufnahme aber würde das Eindringen der Schmeckstoffe in die Furchen dadurch verlangsamt werden, daß diese schon mit Flüssigkeit gefüllt sind; wenn die Zunge in Ruhe wäre, könnte nur durch Diffusion eine allmähliche Durchmischung der beiderlei Flüssigkeiten stattfinden. Durch die Bewegungen aber, die die Zunge bei der Nahrungsaufnahme macht, werden die Furchen der Papillen zusammengepresst und wieder erweitert, und damit das in ihnen enthaltene Drüsensekret herausbefördert und flüssige Stoffe aus der Mundhöhle, meist mit Sekret vermischt, wieder eingesogen. Der flüssige Inhalt der Furchen steht bei solchen Zungenbewegungen unter wechselndem Druck, und es ist die Möglichkeit vorhanden, daß er auch in die Drüsenausfuhrgänge hineingepresst würde, die in die Furchen münden. Um dies zu verhindern, scheinen bestimmte Anordnungen vorhanden zu sein, die bei den verschiedenen Tierformen ungleich sind.

Im einfachsten Falle sind die ausführenden Kanäle der Eiweißdrüsen eng, weit enger als die der Schleimdrüsen, die auf der Oberfläche der Zunge münden. Ihre Ausmündung in die Furchen geschieht meist nicht von unten, senkrecht zur Zungenfläche, sondern mehr oder weniger von der Seite. In einzelnen Fällen scheinen die letzten Enden auch ein wenig gewunden zu sein. Ein Druck von der Zungenoberfläche her muß diese Mündungen zusammenpressen und damit ein Eindringen von Flüssigkeit verhindern. So ist die Anordnung bei den umwallten Papillen von Kalb und Schwein. Noch wirksamer wird der Verschluß, wenn das Endstück des seitlich mündenden Kanals nach oben umbiegt, wie beim Eichhorn (Abb. 1); dann wird die zusammengepresste Flüssigkeit in

der Furche einen Druck senkrecht zur Furchenwand ausüben und damit die Drüsenmündung zusammendrücken.

Eine besondere Einrichtung zum Verschluss der Drüsenmündungen findet sich beim Mara (Abb. 2). Hier münden die Drüsen in den tiefsten Teil der Furche entweder senkrecht von unten oder von der Seite her. Das Epithel der Furchenwand ist in dem tiefsten Drittel merklich verdickt, so dass auf Schnitten ein deutlich abgesetztes Zellpolster sichtbar ist, auf dem Geschmacksknospen gänzlich fehlen. Dies Polster reicht nicht ganz in die Tiefe, sondern im Grunde der Furche erweitert sich der Furchenraum im Bereich der Drüsenmündungen wieder, gleichsam zu einem Vorraum für die Drüsen. Wird die Papille gedrückt und damit die Furche zusammengepresst, so schließen die beiden Zellpolster dicht aneinander und schützen die Drüsenmündungen vor dem Eindringen des dem Druck ausweichenden flüssigen Inhalts der Furche.

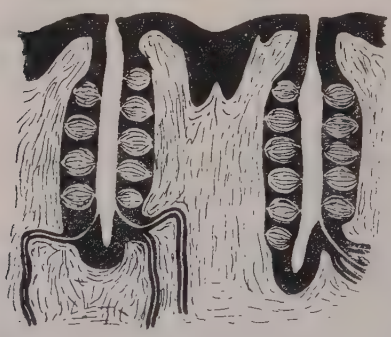


Abb. 1.
Stück eines Querschnitts durch die Papilla foliata von *Sciurus*.
Vergr. 75fach.

Abb. 2.
Stück eines Querschnitts durch die Papilla foliata vom Mara (aus 2 Stellen kombiniert)
Vergr. 75fach.

Am eigenartigsten aber ist die Verschlußeinrichtung, die sich in den Geschmackspapillen der Kaninchenzunge, sowohl in den umwallten wie in den blättrigen Papillen, an jeder Drüsenmündung findet (Abb. 3 u. 4). Beim Kaninchen

liegen die Drüsenpakete der serösen Drüsen tiefer als bei vielen anderen Säugern, bei den Papillae foliatae jedenfalls stets unter den obersten Muskellagen; bis an das Epithel heran sah ich sie hier niemals reichen. Der Hauptausführgang jedes Drüsenkomplexes ist zu einem ziemlich langen Rerservoir erweitert, dessen häufig ovales Lumen bis zu $48 \times 36\,\mu$ Durchmesser hat. Diese Gänge verlaufen alle senkrecht zur Zungenoberfläche in die Tiefe derart, daß man sie bei Schnitten parallel der Zungenfläche unter den Furchen in regelmäßigen Reihen, den Furchen entsprechend, angeordnet sieht. Auf 1 mm Strecke münden etwa 6 Drüsengänge. Nahe unter der Mündung verengert sich das Lumen des Ausführganges auf $8\,\mu$ Durchmesser und weniger. Der Boden der Furche erhebt sich zu einem Kegel (Abb. 4), auf dessen Spitze die Drüsenmündung liegt. An der Basis des Kegels wird die Wand des Ganges von etwa drei Zellagen gebildet, deren Zahl nach der Spitze schnell abnimmt; hier ist nur eine Lage flacher Zellen vorhanden, die zuweilen sogar eine schlauchartige Verlängerung der Kegelspitze bildet. Das Lumen der Spitze ist spaltförmig und hat eine Weite von wenig über $1\,\mu$. Ein Druck auf die Flüssigkeit in der Papillenfurche muß sich auf die Wände des Kegels fortsetzen und diese zusammendrücken; der Kegel wirkt also wie ein Ventil und verhindert das Eintreten von Flüssigkeit in den Drüsengang, ohne den Austritt des Drüsensekrets bei Druck im Innern des Ganges zu beein-

Abb. 3.
Stück eines Querschnitts durch die Papilla foliata des Kaninchens. Drüsenpakete schwarz. Vergr. 85fach.

trächtigen. Ich finde diese Drüsenventile mit vollkommener Regelmäßigkeit; in den zahlreichen Präparaten, die ich durchmustern konnte, habe ich diese Einrichtung nur bei einer Drüsenmündung vermißt. Bei anderen Formen als dem Kaninchen habe ich sie nicht angetroffen; wahrscheinlich wird sie bei den nächsten Verwandten ebenso zu finden sein.

Abb. 4.
Schnitt durch die Mündung einer serösen Drüse der Papilla vallata des Kaninchens. Vergr. 110fach.

Bisher scheint diese stets deutlich hervortretende Einrichtung keine Beachtung gefunden zu haben. v. Ebner gibt in Abb. 10 eine Abbildung der Mündung eines Eiweißdrüsenganges in der Papilla foliata des Kaninchens, an der von diesen Verhältnissen nichts zu sehen ist. Daß ihm nichts Besonderes daran aufgefallen ist, geht hervor aus seiner Äußerung (S. 42): „Die Ausführgänge der Schleimdrüsen und der serösen Drüsen bedürfen ebenfalls keiner weiteren Besprechung.“ Auch in v. Ebners Bearbeitung der Geschmackspapillen in der 6. Auflage von Koellikers Handbuch der Gewebelehre ist sie nicht erwähnt. Ebensowenig ist sie in der mikroskopischen Anatomie des Kaninchens von R. Krause (2) besprochen. Auch in den deutschen Lehrbüchern der Histologie und in zahlreichen Sonderuntersuchungen über Geschmackspapillen finde ich nichts darüber. Immerhin mag mir eine Erwähnung, besonders in der ausländischen Literatur, entgangen sein. Bei den vielen Untersuchungen, die an diesem Haustier der

Physiologen gemacht worden sind, ist ein solches Übersehen gut möglich.

Literatur.

1. V. v. Ebner, 1873, Die acinösen Drüsen der Zunge und ihre Beziehungen zu den Geschmacksorganen. Graz.
2. R. Krause, 1921, Mikroskopische Anatomie der Wirbeltiere in Einzeldarstellungen. I. Säugetiere. Berlin u. Leipzig.

Sek. recd 1/3/26

Die Bekämpfung forstlicher Schädlinge vom Flugzeug.

Von
Hans Krieg, Bad Kreuznach.

Mit 1 Abbildung.

Den ungeheuren Kalamitäten fressender forstlicher Schädiger wie Nonne, Forleule, Kiefernspanner, Eichenwickler u. a., welche die Wälder aufs schwerste heimsuchen, stand man bisher hilflos gegenüber. In den meisten Fällen blieb nichts anderes übrig, als den natürlichen Zusammenbruch der Kalamitäten abzuwarten und den angerichteten Schaden hinzunehmen. Die biologischen Bekämpfungsmethoden haben bisher keine Erfolge bringen können und sind in der Praxis über Tastversuche nicht hinausgekommen. Auch andere Maßnahmen erwiesen sich als wirkungslos. Die Durchführung chemischer Bekämpfungsmethoden, welche im Weinbau und anderen Kulturen große Erfolge gezeitigt haben, war bisher in den Forsten wegen technischer Schwierigkeiten unmöglich. Erst die Versuche der Amerikaner C. R. Neillie und J. S. Houser bei der Bekämpfung der *Catalpa Sphinx* [4] eröffneten neue Bahnen durch die Anwendung von Flugzeugen. Auf Grund der erzielten Erfolge beschäftigten sich deutsche Gelehrte mit der Frage — Professor Dr. K. Escherich, München [3] und Professor Dr. M. Wolff, Eberswalde [5] — und empfahlen die Anwendung von Flugzeugen zur Bekämpfung forstlicher Schädiger.

Die Forleulenkalamität des Jahres 1924 und die drohende Nonnengefahr 1925 machten diese Frage akut. Weite Kiefernwaldungen Schlesiens und der Mark waren von Forleule völlig kahl gefressen. Etwa 10 Millionen Festmeter oft sehr

geringwertiges Holz mußten geschlagen und zu billigstem Preise abgesetzt werden. Das Preußische Ministerium der Forsten entschloß sich daher, auf Anraten und unter der tatkräftigen Leitung von Herrn Professor Dr. Max Wolff, der Frage der Flugzeugverwendung näher zu treten und verhandelte mit der chemischen Industrie [6].

Die Wahl des abzuwerfenden Giftes machte keine Schwierigkeiten. Billigkeit und Wirtschaftlichkeit sprachen für Arsenpräparate. Die Anwendung vom Flugzeug aus erforderte das Verstäubungsverfahren und zwar hochprozentiger Arsenpräparate; denn jeder unnötige Ballast an unwirksamen Stoffen hätte die Durchführung sehr verteuert, wenn nicht unmöglich gemacht. Von den bewährten Mitteln Diorthobleiarseniat (Bleiarseniat mit 30% As_2O_5), Dicalciumarseniat (Calciumarseniat mit 40% As_2O_5) und Kupferazetarsenit mit 55% As_2O_3 (Schweinfurter Grün) schied das Blei wegen der Gefahr für Mensch und Warmblüter als Verstäubungsmittel aus. Das Schweinfurter Grün hätte wieder Zusätze an Kalk erfordert, da es für sich allein Schädigungen an den Pflanzen hervorruft, auch befürchtete man mit diesem Mittel eine Anreicherung der Bodensäure. Es blieb also aus rein theoretischen Erwägungen nur das Calciumarseniat, das den Vorzug hat, sich fein zu verteilen und gut auf den Blättern und Nadeln haftet. Auch die Giftwirkung erwies sich in den angestellten Laboratoriumsversuchen als ausreichend. Zu den Vorversuchen wurden Nonnenräupchen, welche die erste Häutung hinter sich hatten, verwandt, und zwar wurde ihnen Futter gereicht, welches mittels Schwefler im Bestand mit Calciumarseniat bestäubt worden war. Die durchschnittliche Temperatur schwankte zwischen 15 und 20° C. Die Kontrolltiere entwickelten sich normal, der Ausfall an Toten betrug in einem ungünstigen Fall 6%. Bei den behandelten Tieren waren bereits nach 2 Tagen neben vielen schwachen Räupchen die ersten Toten festzustellen. Nach $3^1/_2$ Tagen waren schon 86% abgestorben, nach 4 Tagen waren es 96%, nach 5 Tagen waren alle Raupen tot. Ältere Tiere (direkt nach der letzten Häutung)

gingen nach spätestens 7 Tagen ein. Wie spätere Versuche ergaben, gingen die Tiere auch ein, wenn sie nur 2 Tage an dem vergifteten Laub gefressen hatten. Der günstigste Termin für die Behandlung liegt zwischen erster und letzter Häutung. Direkt nach dem Schlüpfen der Räupchen zu behandeln, ist wenig ratsam, da die Tiere in dieser Zeit viel wandern und wenig fressen. Die Behandlung bis kurz vor die Verpuppung hinauszuschieben, hat den Nachteil, daß ein Teil der Raupen dann evtl. doch die Verwandlung eingehen kann, und selbst ein geringer Prozentsatz der Tiere ist in der Lage, im nächsten Jahre eine neue Kalamität hervorzurufen. Ferner ist bei einer zu späten Behandlung der hauptsächliche Schad- sowie Kahlfraß nicht mehr zu vermeiden. Die beste Zeit für die Behandlung liegt in normalen Jahren zwischen dem letzten Drittel des Mai und Ende Juni.

Größere Schwierigkeiten machte die Frage der geeigneten Abwurfvorrichtung. Galt es doch, mit ihr das Gift auf allen Blättern möglichst gleichmäßig zur Verteilung zu bringen, um eine durchschlagende Wirkung zu erzielen. Auch diese Frage wurde aufs beste und einfachste gelöst. Durch einen Hebeldruck des Piloten öffnet sich im geeigneten Augenblick ein Spalt, aus dem das Gift gleichmäßig zum Abwurf gelangt. Der Propellerwind sorgt dafür, daß das Mittel auseinandergerissen wird und äußerst fein verteilt sich als breiter Streifen auf den Wald herabsenkt. Das Gift findet sich als feiner Staub auf Blättern und Nadeln selbst des dichtesten Unterholzes; der beste Beweis für die Güte des Präparates und das exakte Arbeiten der Abwurfvorrichtung. Die Technik des Fliegens erfordert äußerste Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit des Piloten, der in einer Höhe von 4—20 m über den Baumkronen dahinfliegt. (Abb.) Es handelt sich darum, einen Flugstreifen so neben den andern zu legen, daß zum Schluß die ganze Waldfläche gleichmäßig bestreut ist. Unbehandelte oder ungenügend behandelte Inseln dürfen nicht zurückbleiben, da nach Verschwinden des Giftes die Tiere sich von hier wieder ausbreiten können. Sie bilden auf jeden Fall für das nächste Jahr Herde der Neuinfektion.

Die genaue Dosierung des Mittels kann erst durch den Versuch gefunden werden. Sie schwankt nach der jeweiligen Beschaffenheit des Waldes und den zu vernichtenden Schädlingen. Ein dichter, hoher Waldbestand, z. B. Fichte, nimmt natürlich mehr Gift auf, als ein niederer Kiefernbestand. Von den Waldverderbern ist die Nonne sehr widerstandsfähig, während der Eichenwickler durch geringe Mengen Gift in kurzer Zeit abgetötet wird. Im allgemeinen erwiesen sich

Flugzeug über dem Wald von Sorau.

20—25 kg Calciumarseniat mit 40% Arsensäure gegen Nonne als ausreichend. Die Dichte der Giftverteilung kann durch Flughöhe, Weite der Abwurfvorrichtung und Entfernung der Flüge von einander reguliert werden.

Der erste größere Wald, der behandelt wurde, war der Staatsforst von Sorau, ein herrlicher Ki—Fi—Ei—Bu—Mischbestand (Dauerwald). Er war schon im Vorjahre (1924) von der Forleule heimgesucht worden und nun erneut von einer Nonnenkalamität bedroht. Der dortige Revierverwalter, Herr Forstmeister Ebert, hatte schon im Winter die Regierung auf die drohende Gefahr aufmerksam gemacht und die Durchführung der Flugzeugbekämpfung in seinem Revier gefordert. Nach der Menge der vorhandenen Eier war unbedingt mit Kahlfraß zu rechnen. Wie stark der Befall war, ergibt sich aus einem Be-

richt der Oberförsterei Sorau, welcher besagt, daß an manchen Stämmen bis in Manneshöhe bis zu 3000 aufbaumender Spiegelraupen gefunden wurden, die meisten Raupen aber schon höher saßen [1]. Es wurden 240 ha behandelt und 30 kg Calciumarseniat pro ha zum Abwurf gebracht. Zur Zeit der Behandlung standen die Räupchen schon meist zwischen 2. und 3. Häutung. Die Temperatur schwankte zwischen 9° (Minimum) und 31° (Maximum). Der erste Regen fiel 36 Stunden nach der letzten Behandlung (8 mm)[1]). Die Wirkung war hier durchschlagend. Die Eichenwickler, die gleichzeitig in dem Revier stark vertreten waren, lagen spätestens 2 Tage nach der Bestäubung tot unter den Bäumen. Bei Nonne trat die Wirkung etwas langsamer ein, doch auch hier waren die ersten Toten bereits nach 3 Tagen festzustellen, und nach 5 Tagen waren keine lebenden Raupen mehr auf den Bäumen. Allerdings war der Erfolg nicht zahlenmäßig an den herabfallenden Raupen festzustellen, da viele derselben an den Bäumen hängen blieben, dort vertrockneten und durch den Wind verweht wurden. Auch matte, vergiftete Raupen, die auf untergelegtes Papier herabfielen, suchten, soweit es in ihren Kräften stand, die ungewohnte Unterlage zu verlassen. Die einfachste und zuverlässigste Feststellung des Erfolges war die Beobachtung des veränderten Kotfalles. Es war festzustellen, wie dieser in den behandelten Bezirken nach 1—2 Tagen erheblich nachließ, um nach 4—5 Tagen ganz aufzuhören. In den unbehandelten Bezirken dauerte er dagegen an, nahm mit dem Wachstum der Tiere sogar noch zu. Hier machte sich sogar an den verschiedensten Stellen an den Fichten der Kahlfraß stärkstens bemerkbar. Nach der Bestäubung dagegen wurde, wie dies auch der Bericht des Herrn Forstmeisters Ebert [2] anerkennt, kaum mehr eine Nadel abgefressen. Falterflug gab es überhaupt nicht mehr. Versuche in Gläsern mit Tieren, die mit vom Flugzeug bestäubtem Laub gefüttert wurden, zeigten, daß die Raupen nach zweitägigem Fraß eingingen, während die Kon-

1) Laut Mitteilung der Landwirtschaftlichen Schule in Sorau N.-L.

trolltiere sich normal weiter entwickelten. Der Tod trat meist am 3. und 4. Tage ein. Die Tiere wurden träge und starben ab von den rückwärtigen Segmenten aus, die einschrumpften.

Anderen Raupen wurde Futter gereicht, das mit einer geringeren Konzentration (etwa 10—15 kg pro ha) bestäubt war. 25—85% dieser Tiere gingen erst nach 4 Tagen ein, obwohl sie die ganze Zeit an dem vergifteten Futter gefressen hatten. Wenn ihnen dieses lange genug geboten wurde, gingen selbstverständlich alle Tiere ein. Im Freien besteht aber nun die Gefahr, daß das Giftpulver nach einer gewissen Zeit durch Regen abgewaschen wird. Im Interesse des sicheren Erfolges der Arbeiten wird also bei der Nonne kaum eine Dosierung unter 20—25 kg pro ha genommen werden können. Allerdings darf man dann bestimmt mit Erfolg rechnen, sofern das Mittel nur während der ersten beiden Tage auf den Bäumen hängen bleibt.

Auch die Behandlungen in den Staatsforsten von Lübben und Regenthin hatten gute Erfolge und bestätigten und vervollkommneten die in Sorau erzielten Ergebnisse.

In Lübben wurden vom 28. 6. bis 2. 7. 347 ha (Revier Sakrow) und in Regenthin vom 8. bis 17. 7. 665 ha behandelt. In Lübben waren die z. T. recht niedrigen Kiefernbestände von Forleule stark befallen, die schon im Vorjahre gewisse Jagen kahlgefressen hatte. Daneben trat Nonne auf. Zählungen der Oberförsterei Mitte Juni ergaben an 34 Bäumen einen durchschnittlichen Befall von 116 Eulen und 7 Nonnen pro Baum und Höchstzahlen von Eulen 410, Nonnen 24. Allerdings zeigte sich hie und da ein gewisser Rückgang in dem Eulenbefall. Ein Teil der Tiere schien schwächlich. Dagegen waren die Nonnen sehr lebenskräftig und gesund und ließen für das nächste Jahr eine Kalamität befürchten. Es wurde das Revier Sakrow behandelt, das von Nonne und Eule am meisten bedroht erschien. Bald nach der Behandlung war ein starker Rückgang des Befalles festzustellen. Tote Eulenraupen fand man zwar selten, da diese schon halb vertrocknet abfielen und von dem Wind verweht wurden.

Zudem verfärbten sie sich und waren daher kaum noch zu finden. Dagegen fand man häufig Tiere, die am Eingehen waren. Tiere in Gläsern mit vom Flugzeug bestäubten Zweigen gingen gleichfalls nach 3—5 Tagen ein, im Gegensatz zu den Kontrolltieren, die sich — wenigstens zum größten Teil — weiter entwickelten. Bei einer Probefällung von 2 Bäumen 3—4 Tage nach der Behandlung wurden an einem Baume gar keine, an einem anderen nur noch 13 z. Zt. kranke und schwache Eulenraupen, Nonnen überhaupt nicht mehr gefunden. Ist dieses vorläufige Resultat kurz nach der Behandlung schon recht befriedigend, so wird aber erst das endgültige Ergebnis mit einer Vergleichzählung der Puppen von Eulen aus den unbehandelten Revieren ein klares Urteil für die Wirkung gegen Forleule ergeben. Es wurden pro ha 20 kg Calciumarseniat mit 40% Arsensäure verstäubt. In Anbetracht der niederen Bestände ermöglichte diese Menge eine hinreichende Bestäubung der Kiefern.

In Regenthin waren die meist hohen Kiefernbestände im Vorjahre durchweg stark von der Forleule, teilweise auch schon von der Nonne befallen und z. T. kahl gefressen worden. Forleule war gänzlich verschwunden, dagegen hatte die Nonnenkalamität (wie in Sorau) stärkstens an Ausdehnung zugenommen und sich über mehrere 1000 ha ausgebreitet. Hier bot sich zu Beginn der Behandlung schon ein ganz anderes Bild. Die Raupen waren in der Entwicklung schon weit vorgeschritten und hatten größtenteils die letzte Häutung schon hinter sich. Der Kot fiel mit starkem, regenartigen Geräusch zur Erde. Mehrere Jagen waren bei unserem Eintreffen schon völlig kahlgefressen.

Leider mußte auch ein gewisser Teil der zur Behandlung vorgesehenen 1000 ha unbehandelt bleiben, da hier die Raupen, und zwar auch die Weibchen (die ersten Puppen, die man fand, waren durchschnittlich Männchen) mit der Verpuppung begonnen hatten. Es waren dies gerade solche Infektions-Zentren, in denen die Nonne im vorhergehenden Jahre schon gehaust hatte und in denen es in diesem Jahre frühzeitig (Ende Juni) zum Kahlfraß gekommen war. An-

scheinend war die Verpuppung dieser Tiere durch Nahrungsmangel bedingt worden. In anderen Bezirken der Gegend, besonders in den neu befallenen Jagen, wo auch die Bestände noch grün waren, dauerte der Fraß mit unverminderter Stärke an, und hier war infolgedessen die Bekämpfung noch durchführbar. — Trotzdem wir es in Regenthin zuletzt mit ausgewachsenen Tieren zu tun hatten, war der Erfolg gegen die Raupen durchschlagend. Nach 2—3 Tagen schon ließ der Kotfall in den behandelten Teilen erheblich nach, um dann ganz aufzuhören. Nach 5, spätestens 7 Tagen waren sämtliche Raupen tot. Eine Nachprüfung des Kotes auf 9,05 qm ergab folgendes als Tagesmenge:

Kot	abgefallene Fraßstücke von Blätt. u. Nadeln
Vor der Behandlung: 440 ccm = 94,3 g $2^1/_2$—$3^1/_2$ Tage	25,5 g
nach der Behandlung: 7,5 ccm = 2,3 g	1,7 g

Nach 7 Tagen hatte der Kotfall ganz aufgehört.

Die Wirkung war, wenn auch nicht zahlenmäßig, an den toten Raupen zu ersehen. Die Raupen bleiben nämlich zum größten Teil tot an den Ästchen der Bäume hängen, und zwar hängen sie hier meist mit dem ersten Afterfußpaar fest, während Kopf und Hinterende frei nach unten hängen, eine Erscheinung, die in den unbehandelten Teilen nicht zu beobachten war. Immerhin war auch ein Teil toter Raupen auf das untergelegte Papier herabgefallen. So fanden sich auf dem 4,25 qm großen Blatt

am 14. 7. 50 tote Raupen
am 16. 7. 132 tote Raupen.

Glasversuche mit vollkommen erwachsenen Raupen, die mit normal bestäubtem Laub der Wälder gefüttert worden waren, ergaben folgendes:

Am 12. 7. zugesetzt je 20 Raupen

an Laubholz	an Nadeln	Kontrolle
1) 16. 7. 13 Tote	3) 16. 7. 10 Tote	5) 16. 7. 4 Tote
7 Puppen	6 Puppen	4 Puppen
6 männl.	5 männl.	3 männl.
1 weibl.	1 weibl	1 weibl.
	2 Tachinierte	3 Tachinierte
	18. 7. 2 Tote	18. 7. 4 Puppen
2) 16. 7. 12 Tote	4) 16. 7. 12 Tote	3 männl
7 Puppen	6 Puppen	1 weibl.
6 männl.	5 männl.	20. 7. 5 Puppen
1 weibl.	1 weibl.	1 männl.
1 Tachinierte	1 Tachinierte	4 weibl.
	18. 7. 1 Tote	

Es ergibt sich also, daß die Wirkung gegen die Raupen wohl eine erstklassige und durchschlagende ist, daß es aber unbedingt notwendig ist, die Behandlung schon v o r der letzten Häutung vorzunehmen. Denn selbst geringe Prozentsätze an weiblichen Tieren, die zur Verpuppung gelangen, können immer wieder bei der kolossalen Vermehrung der Tiere im nächsten Jahre zu einer neuen Kalamität führen. Zudem ist es bei so später Behandlung meist oft nicht mehr möglich, einen großen Teil des Schadens zu vermeiden, was bei rechtzeitiger Behandlung immer der Fall sein wird.

Verstäubt wurden etwa 20—22 kg pro ha. Durch den Regen am 11. 7., der schlagartig niederging, wurde ein großer Teil des Giftes heruntergewaschen. Während dies z. B. auf die Wirkung der am 8. und 9. behandelten Flächen ohne Einfluß war, mußten Teile der am 10. wie am 11. behandelten Flächen (bis $1^1/_2$ Tage vor dem Regen) nachbehandelt werden. So kam es, daß die Menge für die behandelte Fläche in Regenthin sich etwa auf 25 kg stellte. Andernfalls hätte sich die Verwendung von 20—22 kg als ausreichend erwiesen.

Sicherlich sind die ersten Waldbehandlungen vorerst nur als Versuche zu werten. Viele Punkte bedürfen noch einer gründlichen Durcharbeitung und Verbesserung, z. B. die genaue Dosierung für die verschiedenen in Frage kommenden Schädiger, das Zusammenarbeiten mit dem meteoro-

logischen Beobachtungsdienst und anderes. Soviel kann aber heute schon gesagt werden, daß sich die Bestäubung von Calciumarseniat durch Flugzeuge bestens bewährt hat und daß damit ein Mittel gegen gewisse Schädiger, wie Nonne, gefunden wurde, denen man bisher machtlos gegenüberstand. Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist nach dem Urteil von Fachleuten erwiesen. In Anbetracht der ungeheuren Verluste, die Schädlings-Kalamitäten in Wäldern verursachen können, sind die Kosten der Flugzeugbehandlung verhältnismäßig niedrig, zumal große Flächen (bis 130 ha) in einem Tag mit wenig Personal behandelt werden können.

Zum Schluß sei noch die Frage der Nebenwirkungen gestreift. In gewissen Kreisen bestanden und bestehen z. Zt. heute noch Bedenken wegen der Einwirkung des Giftes auf andere Tiere, besonders Wild, evtl. auch auf Menschen. Bei sorgfältiger Durchführung der Behandlung und sachgemäßer Anwendung der Vorsichtsmaßregeln sind dieselben jedoch belanglos.

Schädliche Einwirkungen bei Menschen wurden nicht beobachtet. Allerdings trugen die Arbeiter beim Einfüllen des Giftes leichte Masken aus Tuch und Watte vor Nase und Mund. Auch im übrigen wurden die Maßnahmen der biologischen Reichsanstalt für die Verwendung von Arsenmitteln sinngemäß angewandt. Außerdem war vor dem Genuß und Sammeln von Beeren und Pilzen in den bestreuten Wäldern gewarnt worden. (Der Genuß einzelner Beeren ist vollkommen ungefährlich.) Die Gras-Entnahme und das Weidenlassen von Vieh war untersagt worden, bis große Regengüsse das Gift abgewaschen hatten. Nur in einem Falle entstanden Unpäßlichkeiten bei den Kühen, da der Besitzer trotz der vorherigen Warnung dieselben in dem bestreuten Gebiet hatte weiden lassen. Wild, besonders Rehwild, hat die Behandlungen bestens überstanden. Ob der Ausfall eines geringen Prozentsatzes der Hasen auf Kosten der Behandlung zu setzen ist, ist mehr als fraglich. Vögel haben in keiner Weise gelitten, nur die Bienen, die in der Nähe des Forstes von Sorau aufgestellt waren, sind eingegangen, da sie den Blatt-Honig,

der durch das Behandeln vergiftet war, aufnahmen und eintrugen. In Zukunft wird aber letzterer Nachteil durch Abtransport der Bienenstöcke vermieden werden können. Möglich ist immerhin, daß ein oder das andere harmlose Insekt leider durch die Behandlung seinen Tod gefunden hat. Wenn man aber bedenkt, daß durch die Nonne der Bestand des Waldes und damit auch der Unterhalt seiner sämtlichen Bewohner ernstlich in Frage gestellt war, so müssen derartige Bedenken zurücktreten.

Literatur.

1. Ebert, Der erste Flugzeug-Großkampf gegen die Nonne. Der Deutsche Forstwirt. Berlin 1925. 7. Bd. Nr. 76. S. 653/54.
2. Ebert, Endgültiges über den Nonnenkampf im Sorauer Walde. Der Deutsche Forstwirt. Berlin 1925. Bd. 7. Nr. 93. S. 60/61.
3. K. Escherich, Noch einige Worte zur Nonnenbekämpfung. Forstliche Wochenschrift Silva. Tübingen 4. 7. 1924. 12. Jhrg. Nr. 27 S. 209/10.
4. Uphof, Die moderne Insektenbekämpfung in den Vereinigten Staaten. Zeitschrift für angew. Entomologie. Berlin. Bd. 9. Heft 2. S. 351/352.
5. M. Wolff, Über die Bekämpfung von Forstschädlingen mit Arsenpräparaten vom Flugzeug aus. Forstliche Flugblätter. Nr. 4. Verlag J. Neumann, Neudamm.
6. M. Wolff und A. Krausse, Das Flugzeug im Dienste der Forstwirtschaft. Flugzeug und Forstschutz. Der Deutsche Forstwirt. Berlin 1925. Bd. 7. Nr. 91. S. 833/34.

Ueber die Reaktion der Verdauungssäfte bei einigen Wirbellosen.

Von
P. Krüger, Bonn.

Wenn man die zoologische Literatur daraufhin durchsieht, bei welcher Reaktion — im Hinblick auf die saure des Mageninhaltes und die alkalische des Darmsaftes bei Wirbeltieren — eigentlich die Verdauungsvorgänge im Darm der Wirbellosen ablaufen, so wird man mit ganz wenigen Ausnahmen finden, daß es sich um eine alkalische Reaktion handelt. Im Vorderdarm könne auch wohl saure Reaktion auftreten, doch sei die Rolle dieser nur darin zu suchen, die Beute abzutöten. Im Mitteldarm, dem eigentlichen Ort der Verdauung, herrsche stets alkalische Reaktion. Bei der Beurteilung der tatsächlichen Beobachtungen (Farbumschlag von Indikatoren) hat man sich von einer anderen Anschauung beeinflussen lassen. Sicher ist, daß im allgemeinen in den Verdauungshohlräumen der Wirbellosen keine freie Säure (im besonderen nicht HCl) angetroffen wird. (Eine Ausnahme machen anscheinend nur die Verdauungsvakuolen der Infusorien im Anfangsstadium und der Vorderdarm von *Chaetogaster*. Welcher Art diese Säure, ist unbekannt.) Da nun aber im Magen der Wirbeltiere bei HCl-saurer Reaktion die Eiweißkörper von einem besonderen Ferment, dem Pepsin, angegriffen, freie HCl bei Wirbellosen andererseits nicht nachgewiesen werden konnte, muß es sich — so schloß man — bei der Verdauung der Eiweißkörper im Darm der Wirbellosen um Trypsin, das „Urferment", handeln und das wirkt ja nur bei alkalischer Reaktion. Eine solche hatten aber die Indikatoren auch angezeigt.

Daraus hatten einige Forscher weiter geschlossen: Wenn die Wirbellosen das Eiweiß auch ohne Pepsin auszunutzen

vermögen, dann kann diese Tätigkeit nicht der Hauptfunktion des Magens der Wirbeltiere entsprechen, sondern sie muß in anderer Richtung gesucht werden. Dafür spricht auch das Vorkommen magenloser Fische. Die Hauptfunktion des Magens ist vielmehr in seiner Schutzwirkung gegen das Eindringen von Bakterien in den Darm zu suchen.

Dem ist aber Folgendes entgegen zu halten. Zunächst ist die Schutzwirkung des Magens keine absolute — bei vielen Tieren ist die Konzentration an HCl sehr gering: Wiederkäuer 0,05—0,15 %, Hund keine freie — und keineswegs als allein verantwortlich für die relative Keimarmut des Dünndarmes anerkannt. Man neigt jetzt vielmehr dazu, dem Darmsaft selbst bakterizide Eigenschaften zuzusprechen, wodurch darmfremde Bakterien abgetötet werden. Bei Pflanzenfressern besitzt der Dünndarm, auch im Duodenum, eine charakteristische Bakterienflora und in geringerem Grade gilt das auch für den Fleischfresser. Was nun die Verdauungswirkung des Pepsins anbelangt, so ist seine Rolle neuerdings mehr in den Vordergrund getreten als die des Trypsins. Beide Proteasen lösen wahrscheinlich Nebenbindungen (jede an anderer Stelle), aber keine sprengt einzelne Aminosäuren heraus. Das vermögen nur die Peptidasen, — z. B. das Erepsin des Wirbeltierdarmes —, und zwar nur aus den Bruchstücken der Pepsin- oder Trypsineinwirkung. Da nun einige sehr weit verbreitete Eiweißkörper, wie genuines Serum- und Eiereiweiß, Bindegewebseiweiße vom Trypsin nicht angegriffen werden, so erhellt die Tatsache, daß Pepsin und Erepsin allein sie bis zu den Aminosäuren aufzuspalten vermögen, die Bedeutung des Pepsins für die Ernährung. Für diese spricht weiterhin das teilweise völlige Fehlen von Trypsin unter den Endofermenten der Körperzellen. In diesen Fällen beschleunigen nur Pepsinasen und Peptidasen, also keine Tryptasen, den Ablauf der Abbauprozesse.

Zu einer anderen Einschätzung über den „Wert" der einzelnen Fermente und des Magens kommen wir, wenn wir ihr Zusammenwirken ins Auge fassen. Sicher ist, daß dieses Nacheinander in verschiedener Weise wirkender Fermente die Ausnutzung der Eiweißkörper beschleunigt. Durch die Ver-

teilung der Fermente auf verschiedene Hohlräume, die völlig von einander abgeschlossen werden können, ist die Möglichkeit gegeben, jedes Ferment in einem Medium wirken zu lassen, das seinen optimalen Bedingungen am besten entspricht: Pepsin, $p_h = 1{,}4-2$, Trypsin und Erepsin, p_h = ca. 7—8. (Über die Bedeutung von p_h siehe Seite 54.) Wir werden nachher sehen, daß diese günstigen Verhältnisse bei den Wirbellosen nicht gegeben sind und daß sich der Organismus auf eine andere Weise helfen muß. Biologisch ist das von großem Interesse, diese beiden ganz verschiedenen Wege, die von den Wirbeltieren einerseits, von den Wirbellosen andererseits eingeschlagen worden sind, zu beobachten. Es stellt der von den Wirbeltieren beschrittene Weg eine Weiterentwicklung dar, die für die größere Energieentfaltung derselben mit verantwortlich zu machen ist.

Kehren wir nun zu unserem Ausgangspunkt, der Ansicht, daß im Darmkanal der Wirbellosen meist alkalische Reaktion herrsche, zurück. Man ist zu dieser Meinung auf Grund des Farbenumschlages von Indikatoren gekommen. Zu allermeist hat man Kongorot (als Reagenz auf HCl) und Lackmus verwendet. Dabei ist aber folgendes zu berücksichtigen. Man gebraucht Lackmus als Indikator in der Alkali- und Acidimetrie. Bringt man gleiche Mengen äquivalenter starker Säuren und starker Basen zusammen, so ergibt Lackmus einen rotvioletten Ton, d. h. eine Mischfarbe dann, wenn Neutralität herrscht, z. B. $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$. Jeder Tropfen Überschuß an Säure oder Base verändert den Ton nach den beiden Konponenten der Mischfarbe, also entweder zu rot (sauer) oder zu blau (alkalisch). Ergibt also eine Flüssigkeit mit Lackmus eine blaue Farbe, so ist sie alkalisch, wenn Rot sauer.

Diese Schlüsse auf die Reaktion einer Flüssigkeit auf Grund des Farbumschlages von Indikatoren haben in neuester Zeit ein anderes Ausmaß erhalten. Man mißt den Gehalt der betreffenden Flüssigkeit an freien $H^{\cdot}$- oder OH'-ionen und bezieht die gefundenen Mengen auf die von reinem Wasser abdissoziierten. Diese Messungen können elektrometrisch geschehen und ergeben für Wasser von 22° C die Werte von

$1 \cdot 10^{-7}$ H·-ionen und $1 \cdot 10^{-7}$ OH′-ionen. Reines Wasser enthält also gleichviel H·- und OH′-ionen : $^1/_{10\,000\,000}$ Gramm-Jon pro Liter. Gelöste Stoffe, die H·- oder OH′-ionen abdissoziieren, vermögen den Dissoziationszustand des Wassers zu beeinflussen. Wird die Zahl der H· ionen vermehrt, nimmt die Lösung sauren Charakter (im absoluten Sinne, bezogen auf Wasser als neutraler Flüssigkeit) an, umgekehrt wird sie alkalisch. Die Verminderung an H·-ionen ist dadurch bedingt, daß nach dem Massenwirkungsgesetz $\frac{[H^\cdot] \cdot [OH]}{[H_2O]} = k$ (die Klammern bedeuten die Konzentration der betreffenden Moleküle in Grammionen pro Liter) und daß, da die Dissoziation des Wassers sehr geringfügig ist und infolgedessen auch die Konzentration des undissoziierten Wassers keine meßbare Verminderung erfährt,

$[H^\cdot] \cdot [OH'] = k \cdot [H_2O] = k_w$ ist. Nimmt also die Zahl der OH′ ionen zu, so muß nach dieser Gleichung die Zahl der H·-ionen abnehmen, damit die Gleichung zurecht bestehen bleibt. Das Gleiche gilt natürlich auch umgekehrt bei der Zunahme der H· ionen für die OH′-ionen, Also Neutralität ist definiert durch $[H^\cdot] = [OH'] = 10^{-7}$,
saure Reaktion herrscht, wenn $[H^\cdot] > 10^{-7}$, $[OH'] < 10^{-7}$,
eine Lösung ist alkalisch, wenn $[H^\cdot] < 10^{-7}$, $[OH'] > 10^{-7}$.

} Grammionen pro Liter oder normal.

Man gebraucht für diese Ausdrücke auch deren negativen Logarithmus: $\log [H^\cdot] = -7 = \log [OH']$

$-\log [H^\cdot] = 7 = -\log [OH']$

und schreibt für $-\log [H^\cdot]$: p_h und für $-\log [OH']$: p_{oh}.

Dann ist $p_h = 7$ = neutral
< 7 = sauer
> 7 = alkalisch.

Prüft man nun Indikatoren auf ihren Farbumschlag bei verschiedenem p_h, so zeigt es sich, daß z. B. die beiden oben erwähnten Farbstoffe einen sehr verschiedenen Umschlagspunkt haben. Kongorot ist unterhalb $p_h = 3$ blau, oberhalb $p_h = 5$ rot. Wenn also, wie das z. B. in den Verdauungsvakuolen von Paramaecium der Fall ist, eine Flüssigkeit auf Zusatz von

Kongorot rote Farbe annimmt, so bedeutet das noch lange nicht alkalische Reaktion, sondern vielmehr noch recht saure; daß der Indikator den Farbton gibt, den er auch im absolut alkalischen Gebiet besitzt, ist ganz belanglos. Um also zu entscheiden, ob in der betreffenden Flüssigkeit absolut alkalische Reaktion herrscht, muß man einen Indikator verwenden, dessen Geltungsbereich den Neutralitätspunkt überschreitet. Das gilt zwar für Lackmus, dieses ist aber deshalb nicht sehr geeignet, weil bereits bei $p_h = 6{,}8$ der Umschlag nach Blau beginnt und nicht sehr scharf ist. Ein einziger Indikator gibt außerdem meist nur eine ungefähre Messung, da sein Bereich stets über eine größere Strecke geht. Erst das systematische Ausprobieren mit einer Reihe von Indikatoren, die immer nur um weniges in ihrem Geltungsbereich differieren, kann die Lage des Reaktionspunktes weiter einengen.

Bei sehr kleinen Flüssigkeitsmengen und sehr kleinen Tieren ist die Indikatorenmethode (Intravitalfärbung) bis jetzt die einzig mögliche. Stehen größere Mengen Flüssigkeit zur Verfügung, so ist die elektrometrische Messung am Platz, besonders bei sehr stark gefärbten Säften, wie z. B. bei Pulmonaten und Dekapoden. (Sie allein gibt die tatsächlichen Werte; die Indikatoren sind mit ihrer Hilfe geprüft.)

Messungen dieser Art sind bei Wirbellosen kaum angestellt worden. Mir sind nur Angaben über das Ergebnis bei der Aufzucht von *Psychoda-* und *Chironomus*-Larven in Farblösungen bekannt. Danach ist im: Ösophagus $p_h = 7{,}0—7{,}2$, Proventrikel $p_h = 6{,}2—6{,}7$ (hier findet die Auflösung der Nahrung statt!), Mitteldarm $p_h = 7{,}2—7{,}8$, Enddarm $p_h = 6{,}0—6{,}6$ (saure Reaktion von der Beimischung des Inhaltes der Harnschläuche herrührend). Bei der Honigbiene sind ganz auffallend hohe p_h-Werte gefunden: 8,4—9,8! Das dürfte z. T. wohl eine Täuschung sein, stimmt aber andrerseits mit meinen Befunden bei Larven der Kleidermotte ($p_h = 6{,}8—8{,}4$) überein. Vielleicht hängt das mit den im Darm vorhandenen symbiontischen Bakterien (ob bei Honigbiene?) zusammen. Untersuchungen darüber sind im Gange.

Eigene Messungen bei einigen Wirbellosen haben ein untereinander durchweg übereinstimmendes Ergebnis geliefert: in den der Verdauung dienenden Darmabschnitten herrscht ausgesprochen saure Reaktion, p_h im Durchschnitt = 5,4—6,0. Dieser Reaktion kommt in sofern eine besondere Bedeutung zu, als die meisten der bisher bei Wirbellosen bekannt gewordenen Verdauungsfermente dabei noch wirksam sind oder gar ihr Optimum haben. Eine kleine Übersicht mag das zeigen:

Lipase:	Optimum	ca. 8,6; wirkt noch bei 4,7.
Fructosaccharase:	„	3,5—5,5; (die Saccharase des Säugerdarmes ist eine Glucosaccharase, Optimum 6—8).
Maltase:	„	6,6; von <6,1—>6,8,
Emulsin:	„	4,1—6,0.
Amylase:	„	6—6,8; wirkt noch bis 3,7.
Cellulase:	„	5,28 (= Lichenase)
Trypsin:	„	7,5—8,5; (Pankreassaft ca 6, Darmsaft 8, am beständigsten bei 5, bei 4 zerstört.)
Pepsinasen:	„	3,5—5.
Peptidasen:	„	6,5—8,5.

Zu beachten ist auch, daß das Durchschnittsoptimum der proteolytischen Prozesse bei der Autolyse bei 6 liegt, obwohl das Optimum der einzelnen Eiweißfermente sehr verschieden ist: Pepsinasen 3,5, Tryptasen 7, Peptidasen 8. In gewisser Beziehung sind auch die Verdauungssäfte der Wirbellosen diesem Fermentgemisch zu vergleichen, einmal in Hinblick auf die ungefähr gleiche Reaktion, wie auch betreffs der darin enthaltenen Fermente. Vorversuche am Flußkrebsmagensaft haben das Vorkommen einer Peptidase von $p_h = 6{,}3—6{,}8$ sichergestellt (die obere und untere Grenze ihrer Wirksamkeit ist noch nicht bestimmt). Gelatine wird in einem weiten Bereich verflüssigt von $p_h = 3—8$; ja noch bei $p_h = 2{,}2$ trat eine, wenn auch geringere Verflüssigung ein. (Es braucht wohl kaum betont zu werden, daß die Wirkung von Bakterien sicher ausgeschlossen war; Kontrollproben von Gelatine + Puffergemisch, ohne Fermentlösung, ergaben stets Gelatinierung beim

Abkühlen.) Das Verhalten gegen andere Eiweißkörper ist noch nicht geklärt. Bei der Einwirkung auf Kasein war nach vier Tagen die Tryptophanreaktion am stärksten bei 7,3, aber auch noch bei 4,1, selbst 3,0 wahrnehmbar, nicht bei 8,3. (Es wurde bisher noch nicht geprüft, ob nicht das Maximum der Tryptophanreaktion bereits überschritten war.) Versuche mit getrocknetem Fibrin fielen bisher negativ aus. Das Vorhandensein einer Pepsinase und einer Tryptase ist aber durch die Proben mit Gelatine und Kasein wahrscheinlich gemacht. Es handelt sich also auch hier um ein Gemisch von Eiweißfermenten, deren Optima weit auseinander liegen, die aber bei der im Verdauungssaft herrschenden Reaktion von mittlerem Aziditätsgrad noch zur Wirkung kommen. Damit erreicht der Wirbellosenorganismus die größtmögliche Ausnutzung der Nahrung in seinem meist nur einhöhligen Verdauungsdarm (Unterschied gegenüber Wirbeltieren: Magen und Dünndarm).

Was nun die Messungen über die Reaktion in den Verdauungssäften anbelangt, so wurden folgende Befunde gemacht. Winterschlafende *Helix pomatia:* unverdünnter Saft, mit der Chinhydronelektrode: $p_h = 5{,}43$; mit gleichem Volumen aqua dest. verdünnt, mit der H-elektrode: $p_h = 5{,}403$. Magensaft von *Helix pomatia, Astacus fluviatilis, Cancer pagurus* sehr stark mit aqua dest. verdünnt (bis zur Hellgelbfärbung), mit Indikatoren, ohne Puffer: $p_h = 5{,}8—6{,}0$. — Eindeutige Ergebnisse lieferte auch die Intravitalfärbung von Daphniden mit Indikatoren zur Bestimmung der h. Eine kleine Tabelle mag den Gang der Untersuchung zeigen.

Indikator	Anwendbarkeit für ph =	Farbenumschlag sauer — alkalisch	Farbe des Darminhaltes	ph des Darmes
Phenolrot	6,8—8,4	gelb — rot	gelb	6,8
Neutralrot	6,5—8,0	rot — gelb	rot	6,5
Bromthymolblau	6,0—7,6	gelb — blau	gelb	6,0
Bromkresolpurpur	5,2—6,8	gelb — purpur	gelb	5,4
Methylrot	4,4—6,0	rot — gelb	orange	5,6

Den Entscheid lieferte Bromkresolpurpur. (Man muß ziemlich konzentrierte Lösungen anwenden, erhält dann aber schon nach $^1/_2$ Stunde Farbunterschiede.) Vorderdarm, Leberhörnchen und Anfang des Mitteldarmes waren meist deutlich gelb (p_h = 5,4—5,6); dann folgte eine rotviolette Zone (p_h = 6,0—6,2); der Enddarm zeigte blauviolette Färbung (p_h = 6,8—7,0).

Verfüttert man solche Daphniden an hungrige *Hydra*, die infolge Abgabe der Exkrete recht hell geworden sind, so zeigt der Inhalt des Darmes die gleiche Reaktion. Der Farbstoff, der zwischen den Beinen des Krebses hängen geblieben ist und der sich in dem Schalenraum befindliche, schlägt im Darmraum der *Hydra* von alkalischen Farbtönen in saure um. Nach Verlauf mehrerer Stunden sind auch die Verdauungsvakuolen der Entodermzellen in gleicher Weise gefärbt. Es ist das ein gegenüber den Angaben von R. Beutler abweichendes Ergebnis. Die Verwendung von Kongorot liefert, wie oben auseinandergesetzt, keinen Beweis für alkalische Reaktion.

Leider erwiesen sich die obigen Farbstoffe, mit Ausnahme von Neutralrot, für Infusorien als giftig. Neutralrot ergab stets leuchtend rot gefärbte Vakuolen, was also mindestens einem $p_h = 6{,}5$ entspricht. Glücklicherweise hatten bei den Fütterungsversuchen mit *Hydra* die ektoparasitischen Infusorien der Gattungen *Kerona* und *Trichodina*, die massenhaft auf den verwendeten *Hydra* herumliefen, geringe Mengen der Farbstoffe aufgenommen. Die gefärbten Vakuolen hoben sich von dem nahezu farblosen Protoplasma des Infusors aufs deutlichste ab, so daß über die Gleichheit des Farbtones mit dem der Vakuolen der *Hydra*zellen bezw. dem Darminhalt der Daphniden kein Zweifel aufkommen konnte.

Noch nicht veröffentlichte Versuche von Müller an Larven von *Calandra granaria* — die Indikatoren wurden dem als Futter dienenden Mehl beigemengt — ergaben im Vorder- und Mitteldarm p_h = 5,6—5,8.

Herrn Prof. Kappen und Herrn Dr. Dahm danke ich auch hier bestens für die Ausführung der elektrometrischen Messungen.

Zur Familiengeltung der *Sciariden.*

Von

Franz Lengersdorf, Bonn.

Die Stellung der *Sciariden* im entomologischen System ist in letzter Zeit besonders durch Enderlein (Die phyletischen Beziehungen der *Lycoriiden* und ihre systematische Gliederung, Archiv f. Naturgesch. 1911, I. 3. Suppl.) in Fluß gekommen. Dabei ist er mit seiner Ansicht wohl ziemlich auf der ganzen Linie abgelehnt worden. Auf Grund der Feststellung, daß sowohl bei den *Sciarinen* wie auch den *Lestreminen* die Augen durch eine Brücke verbunden sind, bringt er seine beiden Unterfamilien in die Familie *Sciariden* unter. Doch gibt es bei den *Mycetophiliden*, die Enderlein von seiner Augenbrückengruppe getrennt haben will, auch Arten mit verbundenen Augen wie *Diadocidia* und *Mycetobia.* Der Hauptfehler des Systems liegt aber wohl darin, daß eine derartige Einordnung auf der einseitigen morphologischen Betrachtungsweise der Imagos ohne Rücksicht auf die Lebensweise des Tieres fußt. Die Lebensweise der Larven stellt aber die *Lestreminen* zu den *Cecidomyiden* und die *Sciarinen* zu den *Mycetophiliden.* Es lassen sich aber auch äußere Unterscheidungen bei den Larven machen. Während bei den *Cecidomyiden*, einschließlich der *Lestreminen* wie bei den meisten Insekten neun Paar Stigmen vorkommen, zählt man bei *Mycetophiliden* und *Sciariden* acht Paar, da das letzte Paar des 11. Segmentes verborgen und funktionslos ist. Eine Ausnahme bildet die Larve von *Polylepta leptogaster*, einer Mycetophilidenlarve, deren Stigmen sich auf Kopf, 1. und 2. Brustring beschränken, was wohl auf vermehrtes Schutzbedürfnis bei dem überaus zarten Körper zurückzuführen ist. De Meijere in seinen Beiträgen zur Kenntnis der Dipteren-Larven und Puppen macht noch darauf aufmerksam S. 298,

dass die *Lestreminen* mit den *Cecidomyiden* eine eigentümliche Flügelbehaarung gemeinsam haben. „Im allgemeinen setzt sich diese hier aus gebogenen, lose befestigten, als sehr schmale Schuppen zu betrachtenden Haaren zusammen, welche in eigentümlicher Weise mit ihrer Spitze wurzelwärts gerichtet sind, wie dies von keinen andern Dipteren bekannt ist."

Auch die Beschaffenheit der Fühler trennt hier. Während sie bei den *Sciariden* mit 2 + 14 Gliedern konstant bleibt, ist sie bei den *Lestreminen* sehr mannigfaltig, so z. B. bei *Campylomyza* Meig. beim ♂ 2 + 12, beim ♀ 2 + 10 bis 2 + 23, bei *Micromyia* Rond. beim ♂ 10—11, beim ♀ 6—8.

Der einzige Unterschied, den Enderlein gelten lassen will, um die Scheidung der *Lestreminen* und *Sciarinen* als Unterfamilien zu begründen, liegt bei ihm nur in der Insertion des Mediangabelstiels, der bei den *Lestreminen* weit außerhalb der Zelle R erfolgt.

Die weitere Beobachtung zeigt dann, daß den *Lestreminen* wie den *Cecidomyiden* die Schienensporen fehlen. Das hat Edwards (British Fungus Gnats, London 25) hauptsächlich veranlaßt, die *Sciarinen* nur als Unterfamilie der *Mycetophiliden* zu betrachten.

Der Typus der *Sciarinen* weist aber sonst so viele Eigentümlichkeiten auf, daß eine Abtrennung der *Sciariden* von den *Mycetophiliden* als besondere Familie zu Recht erscheint. Bei der Familiengründung sah man die Hauptunterschiede in den kurzen Hüften und dem vereinfachten Flügelgeäder der *Sciariden*. Diese dürfen auch heute im allgemeinen gelten, wenn auch einige Abweichungen von der Regel vorkommen, da es überall Übergangsformen gibt. So unterscheidet sich *Pnyxia* von *Alostoomma* nur dadurch, daß bei der ersteren die Hüften kurz sind, bei der zweiten Mycetophilidenlänge aufweisen. Auch die Vereinfachung des Flügelgeäders darf als Unterscheidungsmerkmal gelten. Es läßt sich zwar nicht leugnen, daß eine Ähnlichkeit der *Leiini* (Mycet.) und der *Sciariden* besteht. Die Unterschiede sind aber immerhin noch so groß, wie auch beim Vergleich der *Lestreminen* und *Sciarinen*.

So fällt bei der zu den *Leiini* gehörigen Form *Megophthalmidia crassicornis* (Curt) gleich die Kürze des M.-Stiels und die Länge des Cu-Stiels in die Augen.

Maßgebend für eine Scheidung der *Sciariden* von den *Mycetophiliden* muß aber auch die Feststellung sein, daß die Zahl der Palpenglieder bei den *Sciariden* von 3 auf 2, oder 1 reduziert sein kann, während sie bei den *Mycetophiliden* ihre ursprüngliche Zahl beibehält. Dabei ist die Zählung der Glieder so gedacht, daß das Basalglied, das meist mit der Maxillarbasis verschmilzt, der sogenannte Trochanter, nicht gezählt wird.

Rübsaamen weist weiter darauf hin, daß die *Hypopygien* der ♂ ♂ bei den *Sciariden* mehr Ähnlichkeit mit den *Cecidomyiden* als mit den *Mycetophiliden* haben.

Wichtig für die Scheidung der *Sciariden* von den *Mycetophiliden* werden noch die Untersuchungen von R. Schulze (Zool. Jahrb. Bd. 48 S. 433) über Mycetophilidenlarven.

Die Mycetophilidenlarven weisen danach 10 Kriechwülste mit 2 Reihen Chitinzacken auf, die von je zwei Reihen feiner Chitinspitzchen umgeben sind. Wenn bei *Polylepta leptogaster* die Verhältnisse etwas anders erscheinen, so liegt das an der eigenartigen Fortbewegung. Bei den *Sciariden* sind die Chitinzacken nicht vorhanden, nur Reihen sehr schwach entwickelter Chitinspitzen. Weitere anatomische Unterschiede sind dadurch gegeben, daß bei den Blindsäcken des Darmes der *Sciariden* diese durch Muskeln mit dem Mitteldarm verbunden sind, die bei den Mycotophilidenlarven fehlen. Eigentümlich ist den Sciaridenlarven auch ein Kranz schräg gestellter Cutikularstäbchen im Rüssel, der jedenfalls als eine Art Widerlager bei der Stopftätigkeit des Vorderdarms zu gelten hat. Jedenfalls dürfte der Verfasser der Arbeit Recht haben, wenn er schreibt: „Die Untersuchung zeigt wieder, daß eine ausschließliche Berücksichtigung des Flügelgeäders für die systematische Einordnung irreführend ist.“

Die Weidenmeise *(Parus atricapillus rhenanus* Kl.*)* in der Rheinprovinz.

Von

F. Neubaur.

Als le Roi im Jahre 1906 seine „Vogelfauna der Rheinprovinz" veröffentlichte, war ihm das Vorkommen der rheinischen Weidenmeise nur von der Siegmündung, wo er im März 1904 ein Stück erlegt hatte, und durch Kleinschmidt aus der Gegend von Mainz und Wesel bekannt. Kleinschmidt hatte am Rhein als erster diese Meisenart entdeckt, und zwar September 1894 im Rheingau gegenüber Nierstein. Sie galt etwa bis zum Jahre 1909 als große Seltenheit, bis es einigen Ornithologen in den folgenden Jahren gelang, sie an verschiedenen Stellen der Provinz ausfindig zu machen. So hatten 1909 und 1910 le Roi und Geyr v. Schweppenburg sie an der Siegmündung (auch brütend), bei Liblar, Kellenberg a. d. Roer, Caen bei Straelen und bei Rötgen (Eifel), A. v. Jordans im Rheidter Werth nördlich Bonn, bei Lüftelberg, im Großen Cent und (mit H. Kurella) im Perlenbachtal bei Kalterherberg festgestellt sowie Belegstücke gesammelt. Inzwischen wurde sie auch in den Nachbargebieten aufgefunden, z. B. in der Pfalz, wo sie nach le Roi nicht selten sein soll, in Lothringen, namentlich in der Gegend von Metz (durch Gengler), im mittleren Neckartal (durch Schüz), in der Rhön und verschiedenen Stellen von Hessen (durch Sunkel), in Westfalen bei Brackwede schon 1898 (durch Behrens), später in der Senne (durch Geyr) und im Sauerland (durch Hennemann), in Holland u. a. in den Provinzen Gelderland und Limburg (durch Snoukaert van Schauburg). Während der Kriegszeit fand man sie in Belgien, so Gengler

bei Henri Chapelle und Verf. verschiedentlich in den Ardennen, außerdem im nordöstlichen Frankreich, und zwar ganz besonders häufig im Argonnerwald (Bacmeister, Gengler, L. Schuster, Sunkel, und Verf.). Als allgemeines Verbreitungsgebiet unserer Form (*rhenanus*) gilt nunmehr das Rheinland von Worms bis Wesel, ferner Holland, Belgien und Frankreich. Kleinschmidt und v. Jordans haben die Weidenmeise aus dem Bonner Gebiet und Nordostfrankreich, die durchschnittlich geringere Flügelmaße aufweist als z. B. die vom Mainzer Becken, *Parus salicarius subrhenanus* benannt.

Im September 1910 lernte ich die Weidenmeise in den mit Kopfpappeln und -weiden ziemlich dicht bestandenen Auwäldern der Siegmündung kennen, und seitdem ich erfahren hatte, wie leicht diese Art durch ihre gedehnten zi dä dä-Rufe unter allen Meisen herauszuhören und demnach ohne Mühe von der ihr so ähnlich aussehenden Nonnenmeise (*Parus palustris longirostris* Kleinschm.) zu unterscheiden ist, war ich auf meinen Exkursionen bestrebt, sie ausfindig zu machen und Genaueres über ihr Vorkommen, auch ohne Sammeln von Belegstücken (was mir leider nicht möglich) in Erfahrung zu bringen. Sehr bald konnte festgestellt werden, daß dieser interessante Vogel durchaus nicht so selten in unserer Provinz ist, wie es anfänglich den Anschein hatte. Zahlreiche Exkursionen in den Jahren 1910 bis 1925 haben eine Reihe von Fundorten eingebracht und uns mit Hilfe anderer Beobachter in die Lage versetzt, einigermaßen einen Ueberblick vom Vorkommen der Weidenmeise geben zu können. Gleichwohl sind noch viele Lücken auszufüllen, denn nicht alle Gebiete der Provinz konnten in dieser Zeit aufgesucht werden und manche nur flüchtig, so daß wir noch ein paar Jahre sorgfältiger Arbeit benötigen, um ein lückenloses Bild schaffen zu können. Besonders dankbar gedenke ich der eifrigen Mitarbeit des Herrn Lehrers E. Knorr (Erkelenz), der die Weidenmeise an zahlreichen Stellen im Norden des Aachener Reg.-Bezirkes ausfindig gemacht hat, so daß wir auch über dieses Gebiet informiert sind. Ferner gestatteten mir freund-

lichst die Herren Geh. Rat A. Koenig und Dr. A. v. Jordans (Bonn) Einblick in ihre Sammlungen rheinischer Weidenmeisen (die ja als Belegstücke von Wichtigkeit sind) zu nehmen, wofür ich auch hier meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte.

Wo ist nun die Weidenmeise in den letzten 15 Jahren in unserer Provinz aufgefunden worden?

Reg.-Bezirk Düsseldorf:

August 1911 in der Hildener Heide (durch A. v. Jordans). April 1912 hörte und sah ich sie im Weidendickicht zwischen Heerdt und Hamm, August 1921 in der Erftniederung bei Grevenbroich, Oktober 1924 in den Niepkuhlen bei Crefeld, daselbst auch Juli 1925 (eine ganze Familie). A. v. Jordans hat sie 1918—25 alljährlich zu jeder Jahreszeit an der Niers nördl. Geldern und zwischen Kevelaer und Goch an geeigneten Stellen beobachtet (lt. mündl. Mitteilung), außerdem September 1911 bei Schloß Myllendonk südöstl. München-Gladbach.

Reg. Bezirk Aachen:

a) Schwalm- und Roergebiet: Eigene Beobachtungen: Schwalmgebiet: 1925 Januar bei Amern und Born, Juni überall in der buschreichen Flußniederung, ferner im Meinweg-Bruch und Boschbeek (mit E. Knorr). Roergebiet: 1920 und 21 zur Strichzeit (August bis März) im Großen Forst Hambach (mit K. Heidermanns), an der Roer bei Jülich, 1925 Oktober im Gangelter Bruch, bei Neuteveren und im Wurmtal bei Frelenburg.

Beobachtungen von E. Knorr (Erkelenz): 1919—24 im Kreise Erkelenz bei den Orten Wegberg, Niederkrüchten, Laar, Elmpt, Gerderath und Lövenich, im Kreise Hinsberg bei Karken, Dalheim, Birgelen, Ratheim, Hilfahrt und Horst, im Kreise Geilenkirchen bei Himmerich, Randerath, Tripsrath und Gangelt, im Kreise Jülich bei Linnich und Hambach. 1925 zur Paarungs- und Brutzeit (April bis Juli): im Buschbachtal, Holtmühlen und Heuerbruch bei Wegberg, im Laarbruch, am Flutgraben bei Karken, bei Himmerich, Horst und Hilfahrt, zur Strichzeit im Ossenbruch bei Birgelen, Staher-

bruch bei Gangelt, bei Kleinkünkel an der Roer, im Gerderather Bruch, bei Dalheim und im Hambacher Wald.

b) Nordwestliche Eifel: Hier fand ich die Meise 1920—25 zur Paarungs- und Brutzeit bei Eschweiler südlich Mechernich, bei Kronenburg a. d. Kill (mit meinem Vater), am Prether Bach unweit Hollerath und im „Eichholz" bei Schmidtheim, zur Strichzeit bei Reifferscheidt, Marmagen und Schmidtheim.

c) Hohes Venn: 1913 Juni unweit der Baraque Michel (mit F. Lemke).

Reg.-Bez. Köln:

a) linksrheinisch: 1. Nordeifel: zur Paarungs- und Brutzeit 1925 im Rheinbacher Stadtwald (eine Familie), zur Strichzeit 1914 bei Münstereifel, 1919 im Rheinbacher Stadtwald, 1922 am Bollscheider Kopf, Knippberg und an verschiedenen Stellen des Flamersheimer Waldes. 2. Vorgebirge bei Bonn: 1912—25 zur Paarungs- und Brutzeit im Großen Cent, Wald der Ville und verschiedentlich im Kottenforst. Sie wurde außerdem von F. Mildenberger Juni 1925 bei Flerzheim gefunden. Zur Strichzeit: an verschiedenen Stellen des Kottenforstes, zwischen Röttgen und Ippendorf, bei Alfter, im Melbtal, auf dem Venus- und Kreuzberg bei Bonn, bei Witterschlick, an der Waldau, bei Adendorf, im Wald der Ville, im Großen Cent, bei Heimerzheim und Oedekoven, bei Schloß Annaberg und am Heiderhof bei Godesberg. 3. Tiefebene: März 1911 bei Weilerswist (durch A. v. Jordans).

b) rechtsrheinisch: 1910—23 zur Paarungs- und Brutzeit oftmals und an vielen Stellen der Siegmündung (nur 1910—15), wo ich Juni 1911 auch den Brutbaum, eine Kopfweide, sah, und im unteren Aggertal (Juli 1913), zur Strichzeit mehrfach in der Wahner Heide (A. v. Jordans in litt.), häufig an der Siegmündung (in den letzten vier Jahren hier bedeutend seltener geworden), ferner an Weihern zwischen Siegburg und Troisdorf, im Hochmoor zwischen Spich und Lind, in den Siegburg-Stallberger Mooren, bei Windeck (Sieg), im Dehrenbachtal (Brölgebiet), im Park

vom Schloß Birlinghoven, bei Rottbitze (Westerwald) und am Asberg bei Honnef. Dezember 1911 bei Overath und Januar 1912 gegenüber Wesseling (A. v. Jordans).

Reg.-Bezirk Coblenz:

a) rechtsrheinisch: 1922 Dezember im Käsbachtal nördlich Linz.

b) Hunsrück: 1911 November bei Stromberg (durch v. Geyr). 1919—24 zur Strichzeit bei Rhens, Waldesch, im Gründelbachtal bei St. Goar, bei Utzenhain, Oberwesel, Urbar, am Spitzen Stein und auf der Fleckertshöhe. 1925 April in der Brodenbach-Klamm.

c) Laacher See-Gebiet: 1921 Febr. u. April an verschiedenen Stellen des Laacher See-Ufers (mit Pater G. Rahm). 1922 zur Strichzeit am Laacher See und an der Klosterruine Tönnisstein (Brohltal).

d) Ahrgebirge: 1912—14: Mai (1912) am Steinerberg; zur Strichzeit ebendort, ferner bei Niederheckenbach, Altenahr und Vischel. 1920—25 April (1920) im unteren Denntal, Anfg. Juli (1925) am Steinerberg; zur Strichzeit auf der Kahlenborner Höhe, bei Mayschoß, Altenahr, im unteren Vischeltal, unteren Sahrtal, bei Kirchsahr, Antweiler, Niederheckenbach, am Steinerberg und Wibbelsberg.

e) Hohe Eifel: 1911 September bei Kempenich (durch A. v. Jordans).

Reg.-Bezirk Trier:

1913 Oktober an der Heidemühle und im Liesertal bei Manderscheid sowie bei Meerfeld. 1915 zur Paarungs- und Brutzeit mehrmals im Matheiser Wald bei Trier, im Herbst auch an anderen Stellen der Trierer Umgegend. 1920 Mai imCondelwald und Ueßtal zwischen Alf und Bad Bertrich (je 1 singendes ♂).

Belegexemplare bekam ich zu sehen aus der Balgsammlung A. Koenig (Bonn):

Reg.-Bezirk Düsseldorf: von Caen bei Straelen 2 ♂ 1 ♀ Jan. 1910 und ♂ ♀ Febr. 1912.

Reg.-Bezirk Köln: von der Siegmündung: ♂ März 1904, ♂ März 1908. ♂ ♀ April 1909 und ♂ Mai 1909.

Rheingau: von Nieder-Ingelheim ♂ Nov. 1907 und 2 ♀ Jan. 1908.

Aus der Balgsammlung A. v. Jordans (Bonn):

Reg.-Bezirk Düsseldorf: von Zons gegenüber ♂ Nov. 1910,
von Norf bei Neuß ♀ Dez. 1911,
von Benrath gegenüber ♀ Dez. 1911,
von Himmelgeist bei Düsseldorf ♀ März 1911 und ♂ Dez. 1911,
vom Gnadental bei Cleve ♂ März 1911,
von Wissen bei Weeze (Niers) ♀ Nov. 1920.

Reg.-Bezirk Aachen: vom Perlenbachtal bei Kalterherberg ♂ Aug. 1910.

Reg.-Bezirk Köln: von Lüftelberg: ♂ April 1909, ♂ März 1910, ♂ Okt. 1910,
vom Großen Cent ♂ Nov. 1909. ♂ Jan. 1911,
von Rheidt a. Rh. ♂ März 1910,
von der Siegmündung ♂ März 1908, ♂ Nov. 1908, 2 ♂ Juni 1910,
vom Siegtal bei Friedrich Wilhelm-Hütte ♀ Febr. 1911.

Reg.-Bezirk Coblenz: von der Nettemündung ♂ ♀ Dez. 1911.

Aus der Sammlung E. Knorr (Erkelenz):

Reg.-Bezirk Aachen: von Wegberg (Schwalmgebiet) ♂ April 1925.

Daß aus verschiedenen größeren und kleineren Gebieten der Provinz Nachrichten vom Vorkommen der Weidenmeise fehlen, liegt zum großen Teil daran, daß dort noch kein Beobachter nach ihr gefahndet, liegt teilweise am Vorhandensein ungeeigneten Geländes und zum geringsten Teil auch an ihrem gänzlichen Fehlen trotz (scheinbar) günstigen Geländes. An Beobachtern, die der Weidenmeise ihre Aufmerksamkeit zuwenden, mangelt es besonders in den Regierungsbezirken Düsseldorf, Trier und im südlichen Teile des Regierungsbezirks Koblenz. Als ungeeignet für die Lebensweise unserer Meise müssen vor allem freies Gelände (Felder, Wiesen, Oedland), wenig bewachsene Felsen und ausgesprochene Hochwälder gelten. Geeignete Oertlichkeiten, an denen sie zu vermuten wäre, wo ich sie aber — z. T. in wiederholten Fällen — vergeblich gesucht habe, sind: im Reg.-Bezirk Düsseldorf: der rechtsrheinische

Teil einschl. des Bergischen Landes bis zur Linie Duisburg-Essen, die Gegend von München-Gladbach und die Krickenbecker Seen. An der Wuppermündung und dem Rheinufer bis einschließlich der an Kopfweiden so reichen Urdenbacher Aue hat P. Frey (Wiesdorf) die Weidenmeise trotz eifrigen Suchens in den letzten 20 Jahren niemals auffinden (in litteris) und A. v. Jordans sie hier an beiden Stellen nur je ein Mal im Winter 1911 feststellen können (lt. mündl. Mittlg.). Im Reg.-Bezirk Aachen: die Elsenborner Gegend, die trotz großen freien Geländes (des bekannten Truppenübungsplatzes) manch sumpfiges und bewaldetes Flußtälchen hat, die obere buschreiche Roer, das Gebiet um die Urft-Talsperre nebst dem Kermeterwald und die Gegend von Schleiden und Kall. Im Reg.-Bezirk Köln: das Siebengebirge, wo auch A. Koenig und A. v. Jordans vergeblich nach ihr suchten, die oberste Wupper, auffallenderweise die Erftniederung sowie die nähere und weitere Umgebung von Köln beiderseits des Rheins. Im Reg.-Bezirk Koblenz: das untere Nahetal, der Bingerwald, das Moseltal (von Bullay abwärts), das Rheintal von Koblenz bis Mehlem, die untere Ahr, die Hohe Eifel, das Wiedtal, wo auch A. v. Jordans sie vergeblich suchte, und die Gegend von Rengsdorf. Im Reg.-Bezirk Trier: die buschreichen Alf-, Kill- und Ruwertäler, das Gerolsteiner und Hillesheimer Gebiet.

Was ersehen wir aus obigen Zusammenstellungen?

Reg.-Bezirk Düsseldorf:

Rechtsrheinisch ist die Weidenmeise nur von Wesel, der Hildener Heide und drei Stellen zwischen Wuppermündung und Düsseldorf bekannt, linksrheinisch kommt sie im Niersstal häufiger vor (auch zur Brutzeit), wurde sonst ganz vereinzelt und sporadisch aufgefunden.

Reg.-Bezirk Aachen:

Zu jeder Jahreszeit zahlreich in der Ebene (Roer-, Wurm- und Schwalmgebiet) vertreten; hier so häufig und stellenweise häufiger als die glanzköpfige Nonnenmeise. Nicht gerade selten im südlichsten Teile des Reg.-Bezirkes

(Hohes Venn und nordwestl. Eifel). Nicht bekannt aus dem Aachener Gebiet und einem breiten Landstreifen über Düren bis zur Erft.

Reg.-Bezirk Köln:

Von hier haben wir die meisten Fundorte, namentlich auf linksrheinischem Gebiet. Besonders häufig ist sie (zu jeder Jahreszeit) im Vorgebirge bei Bonn, in der Nordeifel und an der unteren Sieg. Wurde noch nicht gefunden im weiteren Umkreis von Köln beiderseits des Rheines sowie an den meisten Stellen des Bergischen Landes und des Westerwaldes.

Reg.-Bezirk Coblenz.

Rechtsrheinisch nur von einer Stelle (zur Strichzeit) bekannt: aus der Gegend von Linz. Linksrheinisch ist sie zur Paarungs- und Brutzeit in der Brodenbachklamm, am Laacher See und nicht selten im Ahrgebirge beobachtet worden. Aus der Strichzeit haben wir nur einige Fundorte vom nördlichen Hunsrück, ferner einen von der untersten Nette, mehrere vom Laacher See-Gebiet und recht viele vom Ahrgebirge. Es fehlen Angaben aus der Hohen Eifel (mit Ausnahme einer Stelle bei Kempenich), der Voreifel, dem Maifeld, dem größten Teile des Hunsrück, dem unteren Mosel- und Nahetal.

Reg.-Bezirk Trier:

In diesem Teile der Provinz ist die Weidenmeise am wenigsten festgestellt worden. Angaben bestehen aus den Gebieten von Trier und dem Condelwald (zur Brutzeit) sowie aus der Gegend von Manderscheid (zur Strichzeit). Aus allen anderen Teilen des Reg.-Bezirkes fehlen Nachrichten.

Um ein vollständiges Bild vom Vorkommen der Weidenmeise in der Rheinprovinz zu erhalten, dürfte für die nächste Zeit besonders wichtig das Durchforschen folgender Gebiete sein: Der ganze Niederrhein von der Schwalm und untersten Erft an abwärts (mit Ausnahme des Nierstales), die Kölner Bucht (südlich bis etwa zur Siegmündung), das Bergische Land, die Höhen des Westerwaldes, die Umgegend von Aachen und Düren, die ganze Südeifel nebst dem Mosel-

tal, der Hunsrück mit den südlichen und südwestlichen Nachbargebirgen bis zur Saarbrücker Gegend, schließlich das Nahetal.

Welche Oertlichkeiten die rheinische Weidenmeise für ihr Brutgeschäft wählt, ist wohl hinreichend bekannt. Es sind Auwälder, die reich mit Kopfweiden, Kopfpappeln (den beiden Brutbäumen) und Erlen bestanden sind, ferner Laub- oder Mischwälder mit dichtem Unterholz und feuchtem Boden, sei es in der Ebene oder im Mittelgebirge. Aber auch auf ihren Streifereien bevorzugt sie Gegenden, die ebenso oder wenigstens obigen ähnlich beschaffen sind, außerdem Fluß-, See-, Teichufer, Hoch- und Flachmoore, sofern Gesträuch, namentlich Weidicht, auf ihnen steht. Nur ausnahmsweise zeigt sie sich in reinem Fichten- oder Kiefernbestand — so sah v. Geyr sie wiederholt in Fichtendickungen bei Caen, Bacmeister in Nordfrankreich und ich ein Mal im Hunsrück — und darin steht sie im Gegensatz zu den Alpenmeisen, den ostdeutschen und nordischen Weidenmeisen, die Nadelwald bekanntlich gerne bewohnen. Noch nie, selbst in strengen Winterwochen nicht, traf ich sie in Gärten und Parks von Ortschaften an, die doch mit Vorliebe von Kohl-, Blau- und Nonnenmeisen besucht werden. Dies liegt wohl in der scheuen Natur unserer Meise begründet und darin, daß sie sich weniger als ihre nächsten Verwandten den Meisenschwärmen anschließt, vielmehr lieber einzeln oder zu zweit ihrer Wege geht.

Zum Schluß sei noch ein weniges über die Stimme der Weidenmeise gesagt. Der für diese Art so überaus charakteristische gedehnte und weit vernehmbare Ruf dä dä (däh deh) oder zi dä dä oder spizi dä dä dä wurde oben schon erwähnt. Es besteht m. E. keine Schwierigkeit, diese Rufe von denen der glanzköpfigen Nonnenmeise zu unterscheiden, auch für den Unmusikalischen nicht, denn die letztere ruft ganz anders: zje, zizje, zizje und läßt öfters (besonders bei Erregung) eine Reihe kurzer ä ä ä ä folgen. Der etwas klirrende, zwitschernde Gesang der Mattkopfmeise, wie auch die Weidenmeise genannt wird, ist recht unbedeutend und

wird anscheinend nicht oft vorgetragen; mit den lauten, klappernden Gesangstrophen der Nonnenmeise hat er keine Aehnlichkeit. Sehr charakteristisch wiederum sind die sogenannten Frühlingspfiffe von *atricapillus*, die allerdings gelegentlich auch in anderen Jahreszeiten erklingen, weiche, hohe Töne, von O. Kleinschmidt (in „Singvögel der Heimat" und Berajah) mit tjih tjih jtih und tschih tschih wiedergegeben. Ich möchte sie ftiy ftiy ftiy oder ziy ziy ziy (Betonung auf dem i) schreiben, denn ich vermeine stets deutlich ein Abwärtssinken jedes Tones wahrgenommen zu haben, äußerst selten dagegen aufwärtsgehende Töne, wie sie z. B. W. Bacmeister (Journ. f. Ornith, 65 Jahrg. II. Bd.) ständig gehört haben will und mit huit-huit oder wuit wuit bezeichnet, ebenso Schüz (Mitteilg. über d. Vogelwelt 1925 Heft 1), der sie mit dyi dyi dyi (i mit Betonung) wiedergibt. Es ist ja durchaus nicht leicht, übereinstimmende Angaben über Vogellaute, seien es Rufe oder Gesänge, zu machen. Ein jeder Beobachter nimmt eben auf seine Art wahr und hat seine spezielle Auffassung und Darstellungsgabe. So kommt es, daß scheinbar eindeutige Vogellaute auf so verschiedene, ja zuweilen widersprechende Weise ihre Wiedergabe finden.

Literatur.

W. Bacmeister: Vorkommen der Weidenmeise im nördlichen Argonnerwald. Berajah 1916. Anl. II.

Ders.: Ueber *Parus salicarius*. Journ. f. Orn. 1917. 65. Jahrg. Bd. II.

W. Bacmeister u. O. Kleinschmidt: Zur Ornithologie von Nordost-Frankreich. Journ. f. Ornith. 1920. 68. Jahrg.

J. Gengler: Kriegsbeobachtungen aus Belgien und Frankreich. Journ. f. Orn. 64. Jahrg. 1916.

Ders.: Weitere Kriegsbeobachtungen aus Belgien u. Frankreich. Ornith. Mon.-Ber. 25. Jahrg 1917. Nr. 1.

H. Geyr v. Schweppenburg u. O. le Roi: *Parus atricapillus rhenanus* Kl. im Rheinland. Falco 1910. VI. Jahrg. p. 13—16.

O. Janson: Natur- und heimatkundlicher Führer von Köln und Umgebung. 1922. Köln.

A v. Jordans u. H. Kurella: Neues von *Parus atricapillus rhenanus* Kl. aus dem Rheinland. Falco 1910. VI. Jahrg. Nr. 2.

O. Kleinschmidt: Die paläarktischen Sumpfmeisen. Orn. Jahrbuch 1897. p. 45 ff.

Ders.: Beiträge zur Ornis des Großherzogtums Hessen. Journ. f. Orn. 1897. 55. Jahrg.

Ders.: Realgattung: *Parus Salicarius*. Berajah 1912 ff.

O. Kleinschmidt u. A. v. Jordans: *Parus salicarius subrhenanus forma nova*. Falco 1916. XII. Jahrg. p. 17.

H. Kurella: Die Stimmlaute der Sumpfmeisen. Falco 1910. VI Jahrg. Nr. 1.

F. Neubaur: Ornithologische Beobachtungen aus der Rheinprovinz. Journ. f. Ornith. 1924. 72. Jahrg.

Ders.: Seltene Vögel in der Rheinprovinz. Naturschutz 1924. 5. Jahrg Heft 9.

O. le Roi: Die Vogelfauna der Rheinprovinz. Verhandl. naturh. Ver. der pr. Rheinl. u. Westfalens. 1906.

O. le Roi u. H. Geyr v. Schweppenburg: Beiträge zur Ornis der Rheinprovinz. Verhandl. naturh. Ver. der pr. Rheinl. u. Westfalens 1912.

E. Schüz: Ueber Verbreitung und Stimme unserer einheimischen Mattkopf-Graumeise (*Parus atricapillus* L.). Mitteil. über die Vogelwelt. 1925. 24. Jahrg. Heft 1

L. Schuster: Ueber Vorkommen der Weidenmeise in Ostfrankreich. Orn. Mon.-Ber. 1917. 25. Jahrg. Nr. 10.

Ders.: Ornithologie Nordostfrankreichs. Journ. f. Orn. 1923 71. Jahrg.

H Stadler: Weidenmeisen in Nordfrankreich. Orn. Mon.-Ber 1919. 27. Jahrg. Nr. 7/8.

E. Stresemann u H. Sachtleben: Ueber die europäischen Mattkopfmeisen (Gruppe *Parus atricapillus).* Verh. Orn. Ges. Bayern. 1920. Bd. XIV, Heft 3.

W. Sunkel: Ueber Vorkommen und Lebensweise der Weidenmeise in Nordfrankreich. Orn. Mon.-Ber. 1919. 27. Jahrg. Nr. 9/10

Ders.: Fundplätze der Weidenmeise in Hessen. Orn. Mon.-Ber. 1922. 30. Jahrg. Nr. 4.

Außerdem ein 1912 verfaßtes, noch nicht veröffentlichtes Manuskript von A. v. Jordans u. H. Kurella: Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung von *Parus atricapillus rhenanus* (Kl.).

Beobachtungen und Versuche mit *Cataglyphis* und *Thorictus* nebst dessen Metamorphose.

Beschreibung zweier neuer Myrmekophilen.

Von

Aug. Reichensperger (Freiburg, Schweiz).

Mit Tafel I und 1 Textfigur.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Vorbemerkungen 73
1. Aufzucht von ♂♂ bei *Cataglyphis* 77
2. *Cataglyphis* als Transporttier 80
   a) Der Transport von Nestgenossen 80
   b) Das Tragen von Sand 82
   c) Der Transport von *Thorictus* 83
3. Das Verhältnis von *Thorictus* zum Wirte 86
4. Internationalität von *Thorictus* 95
5. Fortpflanzung und Entwicklung 100
6. Neue Arten: *Th. Manni* n. sp. und *Cossyphodes Voigti* n. sp. 105

Seit seiner Entdeckung durch A. Forel 1889 (90), ist dem seltsamen *Thorictus Foreli* Wasm. und dessen Varietät *Bonnairei* Wasm. die besondere Aufmerksamkeit mehrerer Forscher gewidmet worden, ohne daß das Problem seiner Lebensweise und seines Verhältnisses zu den Wirtsameisen endgiltig gelöst wurde. Es sei hier insbesondere auf die Arbeiten von Wasmann (98, 1—3; 1925) und Escherich (98, 02) verwiesen. Beider Ansichten stimmen in mancher Hinsicht überein, decken sich aber in andern Punkten durchaus nicht; vor allem die Frage, ob ein echter Parasitismus des *Thorictus* am Ameisenfühler, einem Lieblingsaufenthalt der Art, vorliege, ist umstritten; Wasmann bejaht sie, Escherich neigt sehr zu

ihrer Verneinung; beide führen für ihre Ansichten stichhaltige Gründe an. — Neuestens kommt Wasmann in seiner umfassenden Arbeit „Die Ameisenmimikry“ (1925) ausführlich auf das Verhältnis zwischen *Thorictus* und seiner Wirtsameise zurück.

Vom Jahre 1923 an hatte ich nun Gelegenheit, mich ununterbrochen mit nordafrikanischen *Cataglyphis*-Arten und deren Gästen zu beschäftigen (*Thorictus*, *Piochardia Schaumi*, *Adelostoma sulcatum*); von versuchten Aufzuchten gelang bisher vollständig nur diejenige von *Thorictus*.

Ich gebe nach Tagebuchnotizen im folgenden zunächst eine Anzahl von Beobachtungen wieder, die ich in Ergänzung zu Escherich an lebenden *Cataglyphis* im Kunstnest machte; ich bespreche sodann *Thorictus* und sein Verhältnis zu verschiedenen Ameisenarten, und ich schliesse die Beschreibung von dessen gezüchteter Larve und Puppe an.

Die lebend gehaltenen *Thorictus* gehörten, bis auf wenige Uebergangs-Formen zu *Foreli* i. sp., sämtlich dessen fast stets größerer Varietät *Bonnairei* an und stammten nebst ihren langbeinigen Wirten aus der näheren und weiteren Umgebung von Kairouan (Tunis). — Es sei hier gleich darauf hingewiesen, daß ein von Escalera 1923 wenig genau beschriebener neuer *Th. Silvestrii* Esc., von welcher Art ich zwei Stücke durch die Freundlichkeit des Herrn Clermont in Paris erhielt, wohl mit Sicherheit als Synonym zur var. *Bonnairei* Wasm. gehört, mit welchem er, neben allem andern, auch noch den Fundort und seine Wirtsameise gemeinsam hat: „con Myrmecocistus (= Cataglyphis!) bicolor, Kairouan en Túnez“. — Zugleich möchte ich bemerken, daß es bei der Größen- und Farbenvariation innerhalb mancher *Thorictus*-Arten, bei der Verletzlichkeit der Behaarung und der Trichome, — beide können, besonders im Alter, sehr reduziert sein, wie ich bei *Th. Foreli* feststellte, — kaum mehr angängig erscheint, bei der zunehmenden Artenzahl vornehmlich diese Kennzeichen zur Aufstellung von Bestimmungstabellen zu benutzen, während konstante Teile, wie Klypeusform, Fühlerbildung u. a. außer Betracht gelassen werden; schon jetzt

genügen Beschreibungen, wie die sehr genauen, aber viel zu knappen von Reitter und anderen älteren Autoren, nicht mehr, um ohne Typenmaterial Formen mit Sicherheit zu bestimmen.

Meinem keine Mühe scheuenden Freunde, Dr. F. Santschi in Kairouan bin ich zu ganz besonderem Danke verpflichtet dafür, daß er mir im Laufe der drei letzten Jahre immer wieder neues Material, lebende *Thorictus* in beträchtlicher Zahl (123 Stück!) und vereinzelte sonstige Gäste nebst den Wirtsameisen *Cataglyphis bicolor desertorum* und *megalocola* fing und zusandte.

Die ersten Sendungen (Oktober 1923 bis Januar 1924), welche meist nur wenige Gäste enthielten, benutzte ich zu Akklimatisations-Versuchen und zur Feststellung, welche Nesteinrichtung sich auf die Dauer am günstigsten erwiese. Es ergab sich, daß *Cataglyphis* sehr leicht Monate lang (die längste bestimmte Zeitspanne ist bis jetzt (15. 11. 25) 14 Monate 22 Tage!) bei uns ausdauert, wenn ihr genügend Raum und Sand, Sonne und Wärme, sowie Trockenheit neben einem gewissen, stets erforderlichen Maß an Feuchtigkeit zur Verfügung steht. Die Ueberwinterung der Wirte wie der Gäste läßt sich bei vorsichtigem Gebrauch einer Zentralheizung unschwer durchführen. Vorübergehende trockene Kälte, selbst bei Dauer von 4—5 Tagen in Gefrierpunkt-Nähe (+ 0,5 bis + 3° Cels.), wird gut ertragen, wie sich u. a. aus den Wintersendungen ergab; sie ist sogar merkwürdiger Weise dem Transport günstiger als mehrtägige ganz trockne Wärme. Wenn die in kleinen Papp- oder Aluminiumbehältern beförderten Tiere ankamen, fanden sich stets einige unbeschädigte aber vollständig ausgetrocknete Leichen vor; ferner wankten fast immer etliche Exemplare unsicher umher; alle Lebensfähigen aber stürzten sich zuerst auf vorgelegte Wassertropfen und leckten sie mit Gier auf, während sie erst später an das Futter gingen. — Auch nach Eingewöhnung im Nest leckten Arbeiter wie dort erzogene Männchen gerne Wassertropfen auf, welche sich an der Deckscheibe niederschlugen und turnten zu dem Zwecke köpflings an der Glasfläche herum. Stets wichtig ist sehr reichliche, im Sommer fast tägliche, Fütterung

mit Insekten; am liebsten wurden von Wirten wie von Gästen angeschnittene Fliegen genommen; gelegentliche Gaben von angefeuchtetem Zucker waren willkommen, und es hat den Anschein, als ob dadurch der Trieb zur Bildung von Ersatz-Weibchen aus Arbeiterinnen befördert worden sei. — Honig, in verschiedenster Konzentration gereicht, verursachte fast stets Mißvergnügen; die damit gefüllten kleinen Muschelhälften wurden möglichst abseits gezerrt und mit Hilfe von Sand gefüllt bezw. verbaut.

Alle meine Kolonien entbehrten der Königin; Puppen, welche — auch in fast fertigem Zustande — freundlichst übersendet wurden, vertrugen die Reise nicht; wahrscheinlich sind sie durch zu reichliches Tansportieren und Schütteln zugrunde gegangen.

Zur Haltung der *Cataglyphis* erwiesen sich vor allem zwei Nestformen geeignet; zunächst eine Zusammenstellung von zwei geräumigen Janet-Nestern (je 25×15 cm) mit je zwei großen, etwa $2^1/_2$ cm tiefen, untereinander doppelt verbundenen Kammern; wegen des normal hochstelzigen Laufes von *Cataglyphis* müssen die Kammern tiefer sein als üblich. Ein dickes, leicht passierbares Glasrohr von 8—10 cm Länge verbindet beide Nester. Das eine derselben wird feucht, das andere absolut trocken gehalten; das feuchte Nest ruht auf einer Filzunterlage. Die Kammern enthalten geglühten feinen und etwas gröberen Flußsand; das trockene Nest als Haupt-Aufenthalt wird verdunkeit, das feuchte bleibt meist hell. In einer solchen Zusammenstellung hielt eine Kolonie übers Jahr aus und lebt darin noch; sie erzog zweimal ♂♂ und in ihr spielte sich die *Thorictus*-Entwicklung ab. Sie stand über Sommer am Fenster, der vollen Sonne ausgesetzt bis auf die Trockenkammern, welche mit weißem Karton bedeckt wurden.

Es eignet sich ferner für die Haltung der Art ein 35×25 cm großes und hohes mit reichlich Sand versehenes Lubbock-Nest, dessen eine Schmalseite gute Wasserzufuhr hat und das im Sommer eventuell mit einem Auslaufnest oder mit Arena verbunden werden kann. So halte ich eine Kolonie

von 23 *Cataglyphis* und 4 *Thorictus* ohne Verlust seit 8 Monaten.

1. Aufzucht von ♂♂ bei *Cataglyphis*.

In einem Neste, in welchem die Ameisen sich wohl fühlten, kam es bei guter Fütterung meist sehr bald zur Ablage von Eiern durch Arbeiter, da ein ♀ fehlte. Zuweilen begannen mehrere Arbeiter zugleich, einen etwas geschwollenen Hinterleib zu zeigen, an welchem dann oft die Intersegmentalhäute zwischen den schwarzen Tergiten als weiße Ringe erschienen. In anderen Fällen war es nur ein einzelner Arbeiter, der als Ersatz für die ♀ auftrat; immer aber halfen die Eierleger weiter mit, die Koloniearbeiten zu besorgen; sie gehörten im allgemeinen zur mittelgroßen Form. — Es sei hier bemerkt, daß es auch selten schwer fiel, mehrere Kolonien von *Cataglyphis* miteinander zu vereinigen. Nur bei sehr heißem Wetter führte die gesteigerte Aufregung, besonders bei zu kleinem Nest, zu einem Scharmützel zwischen den ursprünglichen Bewohnern und Neuankömmlingen, denen dann einige schwächere Tiere zum Opfer fielen. Sonst fand stets unter gelegentlichem Anfahren mit geöffneten Mandibeln und unter intensivem Fühlertasten nach kurzer Zeit eine reibungslose Adoption statt. Z. B. entstammten die Tiere der Sendungen I und II, die ich von Santschi erhielt, verschiedenen Kolonien; sie vereinigten sich im Gipsnest sofort. Am 2. 4. kam Sendung III von 25 *Cataglyphis* und 6 *Thorictus* an, wiederum aus einem andern Nest; sie fand ohne weiteres bei den früheren Aufnahme. Dagegen gab es bei einem Vereinigungsversuch am 6. 7. und bei einem weiteren am 23. 6. dieses Jahres mehrere Opfer, ehe er vollzogen war; ein Zeichen, daß die Höhe der Temperatur eine bedeutende Rolle bei Aufnahme, Adoption u. dgl. spielt, worauf ich schon an anderer Stelle hinwies (1923 S. 12).

Von den zahlreichen Larvenaufzuchten schildere ich im folgenden nur eine typisch verlaufende nach den Tagebuch-Notizen und unter Hinzufügung erläuternder Bemerkungen. — 15. 5. 24 vorm. Ein ♀ hat etwas geschwollenes Abdomen,

und in der Wohnabteilung liegt ein am Vorabend noch nicht vorhandenes Eierpaketchen, das eifrig bearbeitet und bei Erhellung transportiert wird. In den nächsten Tagen werden weitere Eier gelegt, aber trotz sonstigen guten Futters teilweise aufgefressen. — 22. 5. Eine Anzahl, ca. 25 junge Larven, sind erschienen und werden eifrig behütet, beleckt, getragen; einige werden samt neu gelegten Eiern wieder verzehrt. — Auch ein *Thorictus* ist an dieser Mahlzeit einmal beteiligt! — 26. 6. Im Nest befinden sich 6 fast ausgewachsene Larven, ein beginnender Puppenkokon, ein eben abgelegtes Eihäufchen von 9 Stück. Die Larven sind, wie stets vorher, äußerst lebhaft mit dem Vorderende ihres Körpers und suchen und tasten mit den Mundteilen überall herum. Ihre Fütterung ist doppelter Art: zunächst die gebräuchliche Methode, daß die ♀♀ ihnen aus dem Kropf Nahrung fertig bereitet auf die Mundteile legen; aber fast ebenso oft werden Stücke zerschnittener Fliegen und Mehlwürmer den Larven vorgelegt, wie das bei den Ponerinen allgemein stattfindet. Auch die Larven von *Cataglyphis* können demnach selbständig Nahrung aufnehmen und tun das sehr häufig. Notizen hierzu: 23. 6. Neben einer ruhig liegenden Larve wird die Hälfte eines Fliegenthorax und ein Stück Hinterleib gelegt. Bald beginnt die Larve die typischen Schwenkungen des Vorderkörpers (6—8 Segmente), findet den Thorax und vergräbt sich bis zum 4. Segment hinein; nach 8 Minuten zieht sie sich zurück, wobei die Mundteile in ständiger Bewegung sind (Lupenbeobachtung); dann schiebt sie zu dem Hinterleibsstück und arbeitet in ihm herum. — Gibt man im Futternest frische Fliegen, so bringen die ♀♀ stets einen großen Teil zu den Larven. — 28. 6. Eine Larve liegt auf dem Rücken; sie wird unruhig, denn ein *Thorictus* beginnt sie zu erklettern und läßt sich auf ihrem Bauch nieder, wo er ohne Bewegung verharrt. Mit umgebogenen vorderen Segmenten tastet die Larve mit ihrem Munde auf ihrem Besucher herum und beleckt ihn über $^1/_4$ Stunde, an der Furche zwischen Brustschild und Flügeldecken hin- und herwiegend. Dann beginnt, mit Lupe deutlich sichtbar, der *Thorictus* mit den Mundteilen zu ar-

beiten, aber ohne irgendwie zu beißen. Von einer 6 Minuten später Futter bringenden Ameise wird der *Thorictus* ignoriert; kurz darauf rutscht er vom Larvenbauch ab und sitzt in knapp 10 Minuten am Fühler einer andern Ameise, die mit Larvenpflege beschäftigt ist. — Die Larven arbeiten auch, wenn sie älter sind, gelegentlich an neu gelegten Eiern herum und werden mit solchen gefüttert. — 30. 6., 4 Uhr nachm. Eine Larve wird von einer ♀ transportiert und nimmt dabei ein ganzes Stück Fliegenbrust mit, in das sie sich versenkt hatte.

Die Verpuppung der vorgenannten Larven (6 Stück) vollzog sich zwischen dem 26. 6. und 3. 7; am 22. 7. kriecht das erste ♂ aus, Gesamtdauer der Entwicklung: 2 Monate und 5—7 Tage; in andern Fällen nur 2 Monate oder noch einige Tage weniger. — Der Vorgang der Verpuppung nimmt geraume Zeit in Anspruch und vollzieht sich mit Hilfe der ♀♀. Letztere umkleiden die ausgewachsene Larve zunächst mit einer feingefügten Sandhülle. Die reife Larve krümmt ihr Vorderende über der Bauchfläche nach hinten und die Arbeiter bedecken zuerst die Vorderhälfte, indem Sandkorn nach Sandkorn herbeigebracht und aneinandergefügt wird; dabei zeichnet sich eine *Thorictus*-Trägerin durch Arbeitseifer aus. Indem die Larve inzwischen dauernd pendelnde Bewegungen mit den vorderen Segmenten macht, sorgt sie dafür, daß die Sandhülle nicht zu eng und gleichförmig oval wird. Ist die Larve oben und seitlich bedeckt, so wird viel an der Hülle herum gedreht, geleckt und bearbeitet und die Unterseite in Angriff genommen. In diesem Zustande ist ihr Transport sehr mühsam und geschieht sorgfältig und schwerfällig. Nach Verlauf einiger Tage ist unter der Sandkleidung der braune Kokon fertiggestellt und der Sand wird von den Arbeitern von diesem entfernt; der Transport ist nunmehr eine Kleinigkeit und die Puppen werden viel herumgetragen, je nach Bedarf mehr dem Licht oder dem Schatten, Hitze oder Kühle, trockner oder feuchter Luft ausgesetzt.

Während die Männchen-Serie vom 22. bis 27. 7. auskriecht und sich im Laufe von 2—3 Tagen ausfärbt, sind

neue Larven bis zur Hälfte herangewachsen und ein Eipaket von etwa 50 Stück ist vorhanden. Je nach Wärme und Futter wird die Produktion fortgeführt oder im November etwa bis Februar-März unterbrochen. Am 26. 2. 25 z. B. trug eine ♀ des vorstehend geschilderten Nestes wieder ein Päckchen von 8—10 Eiern herum.

Diese Verhältnisse der Larvenernährung bei *Cataglyphis* und die weiteren Vorgänge bestätigen und erweitern auch Wasmanns allgemeine Ausführungen von 1923 betreffend Wheelers Trophallaxis (1918 ff.).

2. *Cataglyphis* als Transporttier.

a. Der Transport von Nestgenossen. *Cataglyphis* ist ausgesprochener Transporteur; stets sind Arbeiter in größerer Anzahl, auch mit 1—3 *Thorictus* behaftete, unterwegs und schleppen irgend etwas, teils mit bestimmtem Ziel, teils anscheinend aus reinem Tragetrieb und ziellos: Beutestücke, Abfälle, Sand bis zu den feinsten Körnchen, oder ihre eigenen lebenden Genossen. Der Transport der letzteren ist sehr eigenartig, zumal wenn es sich um das Tragen eines größeren Genossen handelt, und er weicht von den bei Wheeler (1910) geschilderten Transportmethoden anderer Arten (S. 179) ab.

Der aktive Transporteur stellt sich hochbeinig dem zu Tragenden gegenüber und faßt ihn in charakteristischer Weise, oft unter Klopfen mit den Fühlern, an einer der halbgeöffneten Mandibeln, etwa in deren Mitte. Auf dieses Zugreifen hin, das meist mit einem ruckweis wiederholten Zerrstoß nach vorwärts verbunden ist, klappt der Gefaßte spontan seine langen Beine zusammen, legt die Fühler ein, bildet eine Puppenform und rutscht zugleich mit dem Rücken nach unten und mit dem Hinterleibs-Ende voran unter den Körper des Trägers, so daß Unterseite gegen Unterseite gerichtet ist. Im allgemeinen liegt das Abdomen des Getragenen unter dem Thoraxende des Trägers und der Kopf des Getragenen liegt wagerecht spiegelbildlich vor dem des Trägers.

Dieser Vorgang kann sich oft rasch und hemmungslos abwickeln und könnte dann den Eindruck erwecken, als ob

infolge gewisser auffordernder Bewegungen, Hochstellen, Fühlertasten, Mandibelöffnen seitens des Trägers, eine Art Hypnose ausgeübt würde und ein zwingender und automatischer Ablauf der zusammenklappenden Bewegungen und der Scheintod-Erscheinung bei dem zu Tragenden verursacht würde. Bei genauem und häufigerem Beobachten ergibt sich aber, daß der Vorgang viel komplizierter und sehr modifizierbar ist. — Zunächst kann der vom Transporteur Angegangene von Beginn an das Getragenwerden einfach verweigern, auch wenn jener stärker ist und drängt. Am deutlichsten zeigt sich das an wärmern Tagen, an welchen der Transportbetrieb bei einzelnen Arbeitern stärker hervortritt, oder bei plötzlicher Erhellung eines zahlreich besetzten Nestes mit weitem Auslauf. Der Transporteur eilt aufgeregt, zuweilen stutzend, von einem Genossen zum andern, wird aber oft drei- oder viermal abgewiesen oder unbeachtet gelassen, ehe er einen findet, der sich geduldig tragen läßt. — Es kann ferner ein zum Transport bereits an der Mandibel gefaßter Arbeiter Widerstand leisten, selbst dann noch, wenn er bereits halb nach unten hängt. Er kann z. B. nur ein Beinpaar oder die hinteren Beinpaare mehr oder weniger eingekrümmt haben, dagegen mit den übrigen noch um sich greifen und Boden zu fassen suchen. Bei solchem partiellem Sträuben läßt der Transporteur dann vielfach los und sucht einen anderen Tragelustigen, oder gibt das Geschäft zeitweise wieder auf. Zuweilen sieht es auch aus, als ob der Träger plötzlich die Lust verlöre, selbst wenn der andere Teil willig ist. — Die Initiative liegt anscheinend fast immer beim Transporteur. Ein halbes Oeffnen der Mandibeln seitens des zu Tragenden ist dann, soviel ich beobachtete, stets Erfordernis zur Eröffnung eines Tragaktes.

Bei glattem, hemmungslosem Ablauf macht das Ganze den Eindruck einer völlig auf Reflexen beruhenden oder zwangsläufigen, fast maschinell sich abspielenden Handlung, welche durch bestimmte Stellung und dergl. ausgelöst wird: Die mannigfaltigen Variationen in Aufforderung, Abweisen, Zustimmen, halbem Versagen zeigen aber, daß, — auch bei Gleichheit aller äußern Experimentsbedingungen — die Transporte so-

zusagen eine persönliche Note, etwas rein Individuelles, Willkürliches besitzen, das einem Gefühl des Behagens oder des Unbehagens entspricht. Sie stimmen in keiner Weise zu der neuerdings wieder manchen Orts auftauchenden Reflexmaschinen-Theorie des Insektenlebens (Rabaud u. a.), sondern sprechen deutlich für das Bestehen eines sinnlichen Strebevermögens.

b.) Das Tragen von Sand. Für sehr viele sandbewohnende und Wüstenameisen ist die Ausbildung einer besonderen Beborstung an den Mundteilen und deren Umgebung kennzeichnend. Bei *Cataglyphis* treffen wir lange, sog. „Ammochaetae" am Klypeus nach vorne gerichtet, an den Mandibeln, besonders an deren Unterrand, innenseitlich gerichtet, und am Mentum nach vorn gerichtet an. (Vergl. Wheeler, Ants S. 16, fig. 2, C. D.) Diese Borsten haben, worauf Wheeler mit Recht hinweist, die Bedeutung eines Striegels, vorzüglich für die Vorderbeine, um sie sand- und staubfrei zu halten; außerdem, wie mir erscheint sogar in erster Linie, dienen sie aber als eine Art von Korb bei der Beförderung feinerer Sandpartikel, wie ich leicht und deutlich beobachten konnte. — Auch die feinsten Sandkörner werden mit Hilfe dieses Haarapparates, der sich bei mehr oder weniger weitem Oeffnen der Mandibeln usw. in seinen Maschen erweitern oder verengern kann, gehalten und transportiert, insbesondere von mittleren und kleineren ♀♀. Das Beladen des Haarkörbchens geschieht unter Zuhilfenahme der Vorderbeine, welche ausgezeichnete Scharrinstrumente sind.

Aeußerst peinlich und genau wird verfahren, wenn es sich um den eigentlichen Wohnraum handelt, in welchem meist nichts von Bodenbelag geduldet wird. Verteilt man z. B. den Sand in einem Lubbock-Nest 20×30 cm in gleichmäßiger Schicht, setzt dann die *Cataglyphis* ein und bedeckt eine Nesthälfte mit einer schwarzen Platte, so wird unter der Platte, oft von einer Ecke beginnend, der Boden (Glasplatte) völlig sandfrei gemacht. Ist die Kolonie sehr schwach, so wird ein verhältnismäßiger Teil gesäubert. Der entfernte Sand wird mehr oder weniger dammartig unter dem distalen

Rand der Deckplatte angehäuft; ist genügend Baustoff vorhanden, so bleibt nach tausenden von Transporten in verhältnismäßig kurzer Zeit nur ein enger Zugang zum hellen Nestteil frei. — Aber auch im Gipsnest wird die Wohnkammer, welche durch Deckel an sich dunkel gehalten ist, und ebenso meist eine durch Glasrohr angrenzende helle und feuchte Vorkammer, absolut rein und sandfrei gehalten. Ohne den Haarkorb, nur mit Hilfe der Mandibeln wäre der Transport feinsten Sandes unmöglich. Besondere Verengerung der Maschen kann noch durch fernere Zuhilfenahme der fein und sperrig behaarten Maxillartaster erfolgen, während andererseits die stark einwärts gerichtete Krümmung der Maxillarladen, welche zudem nach außen hin stärker als normal behaart sind, bewirkt, daß die Mundöffnung direkt geschlossen und gegen Eindringen feinen Sandes gesichert ist.

Bei Betrachtung einer sandbeladenen Ameise mit bloßem Auge oder schwacher Lupe erscheint es zunächst ganz rätselhaft, wie eine Ameise zwischen und sogar vor den Kiefern eine verhältnismäßig umfangreiche Last trocknen feinen Sandes tragen kann, ohne etwas davon zu verlieren.

c. Der Transport von *Thorictus*. Das Getragenwerden von *Thorictus* in der von Escherich angegebenen Form, daß nämlich der Käfer an einem Bein gefaßt wird und dann Gelegenheit findet, sich an den Kopf der Trägerin und von da aus an die Fühler zu klammern, ist seltene Ausnahme und mehr Zufall; denn in Ruhe wie beim Totstellen liegt *Thorictus* fast stets mit angezogenen Beinen unbeweglich und kann dann nicht an diesen von *Cataglyphis* gefaßt werden. Nur unter besonderen Umständen kommt es vor, daß ein oder einige Beine beim Totstellen halb- oder ganz ausgestreckt bleiben und einen Angriffspunkt für die Kiefer bilden (wenn z. B. der Käfer von einer glatten Wand oder Glas abrutscht und auf den Rücken fällt, bleibt er zuweilen einige Augenblicke wie gelähmt mit gespreizten Beinen liegen). Viermal in der langen Beobachtungszeit sah ich einen solchen Transport am Bein durch mittlere ♀♀ und nur einer führte zum Festsitzen des *Thorictus* am Fühlerschaft; die andern endeten

im Nebennest, wo der konsequent sich totstellende *Thorictus* einfach abgesetzt wurde wie ein Abfallstück und meist erst nach einiger Zeit mit Bewegungen begann.

Dagegen ließ sich etwas öfter wahrnehmen, wie vor allem größere Arbeiter sich mit still sitzenden oder langsam weiterwandernden *Thorictus* abgaben und sie dann, meist ziemlich plötzlich und völlig sicher mit den Kiefern von unten und oben her zufassend, zwischen Thorax und Flügeldecken quer packten. Da die eine Mandibelkante hierbei in der Querfurche des *Thorictus* ruhend, sehr guten Anhalt findet, die andre Mandibel aber zwischen den Hüften eingreift, kann der Käfer nicht entgleiten. Stets verhält er sich in dieser Lage mit angezogenen Gliedmaßen absolut ruhig. — Es ist nun wohl kaum als Zufall zu bezeichnen, daß dieser locus minoris resistentiae des *Thorictus* — denn es wäre einer großen *Cataglyphis* leicht, in dieser Haltung durchzubeißen oder wenigstens schwer zu verletzen — die stärksten Trichome trägt; diese dienen als sichere Besänftigungsmittel, indem sie der Trägerin zeigen, daß sie etwas Angenehmes trägt. Zuweilen läßt diese dann nach einigen Kreuz- und Querläufen durch das Nest den Getragenen einfach fallen; öfter aber wird er mit in die Wohnkammer getragen, wo sich die Trägerin unter die Genossinnen mischt; von diesen mit den Fühlern betastet, läßt sie den *Thorictus* los, der dann bald weiterwandert, ev. zu einem Beutestück, oder Kletterversuche an still sitzenden Ameisen beginnt, bis er nach kürzeren oder längeren Mühen sein Ziel am Fühler erreicht.

Auch diese zweite Transportart ist aber nicht ausgesprochen häufig und kommt im allgemeinen nur zustande, wenn außerhalb der eigentlichen Wohnräume herumlaufende Käfer von *Cataglyphis* angetroffen und zufällig einmal beachtet werden, was zumeist nicht geschieht. Daß, wie Escherich berichtet, Ameisen, welche keine Eier, Larven usw. besitzen, sich mehr um die *Thorictus* kümmerten als Ameisen mit solchen, ist mir in meinen Parallelnestern niemals aufgefallen. Ich fand keinen Unterschied in der Gastbehandlung zwischen beiden, wenn die sonstigen Bedingungen gleich waren. (Vergl. Escherich 1902.)

Auf Grund der Beobachtungen bei Transporten kann ich Wasmann nicht ganz beistimmen, wenn er allgemein annimmt, daß jene *Thorictus*, welche keilförmige dreieckige Körpergestalt besitzen, „den vollkommensten keilförmigen Trutztypus aufweisen“ und „den Kiefern der Ameisen unfehlbar entgleiten müssen, wenn sie ihn anfassen wollen“. Meiner Ansicht nach wird die bei vielen *Thorictus* vorhandene Querfurche zwischen Thorax und Elytren bei fast allen den Arten, welche Gäste entsprechend großer Ameisen sind, durch letztere unschwer angreifbar sein. Sollten demnach solche *Thorictus* in näheren gastlichen Umgang mit Ameisen kommen, so mußten sie zunächst an dieser Stelle einen Schutz erwerben, der sich in Gestalt der Schultertrichome — vielleicht als Reizfolge — bildete; mit deren Ausbildung wird die Angriffsstelle zur Haltestelle für friedlichen Transport umgeformt, und, zunächst theoretisch, tritt damit die Bedeutung der absoluten Trutzform zurück; relativ kann sie teilweise weiterbestehen um ein Zufassen außerhalb des Trichombezirks zu verhindern.

Die Querfurche könnte sich dann in der Folge, gefahrlos für den Besitzer, noch erweitern und vertiefen, um so mehr, je mehr event. infolge zunehmenden Transportreizes Drüsenabsonderungen und Trichombildungen hervorgerufen würden. — Obwohl nun in der Tat bei vielen *Thorictus*-Arten sich eine proportionale Beziehung zwischen Furchen- und Trichomentwicklung konstatieren läßt, und daher dieser Erklärungsversuch manches Bestechende hat, so möchte ich doch vor der genaueren Erforschung der Lebensart anderer *Thorictus* ihn nicht als sicher hinstellen.

Daß aber Transporte der Käfer durch die Ameisen keinesfalls Vorbedingung oder Ursache des Fühlerkletterns sind oder waren, steht für mich unzweifelhaft fest.

Wäre es in der vermutlichen Entwicklungsreihe der *Thorictus* bis zu den Formen, welche den Ameisen als Gäste am nächsten stehen, auf die Ausbildung einer Trutzgestalt angekommen, so hätte diese Entwicklung mehr im Sinne eines möglichst engen, lücken- und furchenlosen Zusammen-

schlusses von Thorax und Elytren, etwa wie bei *Oochrotus*, *Myrmecobius*, *Xenocephalus* u. a. erfolgen müssen. Mir scheint aber, wie gesagt, wir kennen vorläufig das natürliche Verhalten der betreffenden — übrigens sehr verschieden gebauten — Wirtsameisen ihren zugehörigen, ebenfalls baulich verschiedenen *Thorictus* gegenüber noch zu wenig, um daraus allgemeine Schlüsse ziehen zu können.

Die wohlwollende Duldung der *Thorictus* im *Cataglyphis*-Nest beruht m. E. auch nicht etwa, wie beim Verhalten von *Formica* zu ihren zugehörigen *Dinarda*-Formen, darauf, daß sich infolge von deren durchschnittlicher Unerwischbarkeit ein spezifischer Duldungsinstinkt bei *Cataglyphis* herausgebildet hat; denn außer den vorstehenden Ausführungen erweisen die später zu erörternden Versuche mit *Thorictus* und ihnen f r e m d e n Ameisenarten, daß diese g a r k e i n e A n s t a l t e n treffen um letztern zu e r w i s c h e n, selbst dann nicht, wenn er unmittelbar aus dem *Cataglyphis*-Nest als exotische Neuheit unter sie versetzt wird.

Durch die ♂♂ von *Cataglyphis* wird *Thorictus* häufig aus dem Nest transportiert, natürlich passiv von deren Seite, weil er sich mit einer gewissen Vorliebe auf deren Fühlern festsetzt und, nach Escherich, ebenso auf den Fühlern geflügelter ♀♀. So wird seine Artverbreitung sehr gefördert, indem er den Hochzeitsflug mitmacht und an entferntere Orte gerät, welche er offen zu Fuß laufend viel mühsamer oder gar nicht erreichen würde. Ich habe mehrfach beobachtet, daß er seinen Fühlerplatz ruhig innehält, wenn ich dem betreffenden Männchen Gelegenheit bot, aus dem Nest zu laufen oder zu fliegen.

3. Das Verhältnis von *Thorictus* zum Wirt.

Es bedarf langer Zeit und reichlichen Materials um einigermaßen einen Einblick in die engeren Beziehungen zu gewinnen, welche zwischen *Thorictus* und den Wirtsameisen bestehen, und manches darin erscheint zuerst doppeldeutig. — Daher wohl auch die Ursache der Unstimmigkeiten zwischen den Auffassungen von Wasmann und Escherich, insbesondere, was

den „echten Ektoparasitismus am Fühler" angeht, welchen ersterer für gegeben hält. Ich muß gestehen, daß ich vor Durchführung meiner Beobachtungen völlig geneigt war, Wasmanns Standpunkt zu teilen, zumal seine logischen Ausführungen (insbesondere 1898, S. 537 ff. und 1925 S. 95 ff.) fast zwingend erschienen. Heute bin ich dagegen überzeugt, daß ein echter Parasitismus von *Thorictus foreli* am Ameisenfühler, eine Nahrungsentnahme aus diesem, normal nicht besteht. Es handelt sich beim Fühlersitz m. A. n. um eine Phoresie auf Symphilenbasis. Daß diese eine Ueberleitung zu einem vielleicht später erreichbaren Parasitenstadium bilden kann, ist natürlich nicht ausgeschlossen. — Zur Zeit aber scheinen mir weder die gewöhnliche Lebensweise, noch von mir angestellte Versuche, noch die mikroskopischen Befunde für echten Fühlerparasitismus zu sprechen.

Was zunächst die normale Lebensführung des Käfers betrifft, so ergibt sich aus den Notizen über 3+2+3 jedesmal mehrere bis 14 Monate lang parallel neben einander gehaltene Nester mit einer wechselnden Zahl von *Thorictus* (1—15) und *Cataglyphis* (10—48, excl. ♂♂), daß man den Fühler der letztern nur unter sehr erheblichen Einschränkungen als „normalen Platz" oder als „gewöhnlichen Aufenthaltsort" des Käfers bezeichnen kann, wie Wasmann und Escherich annehmen. Es ist fraglos richtig, daß es, vor allem im schlechtgefütterten Nest, vorkommen kann, daß vereinzelte *Thorictus* wochenlang (bis 27 Tage, 20. 11. bis 17. 12. 24) fast regungslos am Fühlerschaft an ein und derselben Stelle verharren (Fühlerperiode). Wie sie aber bei diesem Verharren am gleichen Punkt — selbst wenn sie eine oder einige Sinnesporen anzustechen imstande wären — aus diesen ein wirkliches Nahrungsquantum ziehen könnten, ist mir nicht erklärbar.

Aber die nämlichen *Thorictus*-Individuen haben dann wieder — und oft noch weit länger — Freiperioden, in welchen sie sich um die Ameisen gar nicht oder fast gar nicht kümmern; monatelang können sie sich offen oder verborgen im abfallhaltigen Sand des Nestes oder am Reste-

haufen herumtreiben; oder sie bleiben wochenlang in der Hauptkammer in der Gegend, wo die frischen Beutestücke gelagert werden und tun sich an diesen gütlich. Frische wie trockne Fleisch- und andere Teile am Chitin, gequetschte Fliegeneier und Larven, unter günstigen Umständen und nur sehr gelegentlich zu beobachten, auch Wirtslarven im ersten Stadium, werden energisch benagt und zerzupft und verzehrt; in die Reste von Insektenleibern kriechen sie ganz hinein, und die Bewegungen oft umfangreicher Insektenstücke zeigen das emsige Arbeiten zum Stillen des Hungers.

Für diese Freiperiode anbei nur ein Beispiel aus dem Tagebuch, an welches ein Versuch anschließt. Nest B, 20×30 cm große, übersichtliche — auch unten Glasboden — Kammer, zu drei Viertel mit abfalldurchmischtem Sand belegt, enthält vom 2. 3. bis 14. 4. 25 18 Stück *Cataglyphis* und 5 gezeichnete *Thorictus*, welche in dieser Zeit teils frei laufen, teils 6—13 Tage an den Fühlern sitzen. Vom 17. 4. an bis zum 20. 7. ist trotz täglich zweimaliger Kontrolle kein einziger *Thorictus* zu sehen, weder frei noch am Fühler. Am 20. 7. lasse ich die *Cataglyphis* auswandern, um das Nest anderweitig zu verwenden. Bei folgender Durchsuchung des Sandes finde ich wider Erwarten 4 *Thorictus* gesund und munter wieder.

Um daraufhin einen sichern Beweis zu erhalten, ob die Käfer den Fühler nötig haben oder nicht, hielt ich sie dann während meiner Abwesenheit Anfang August in einem kleinen Nest isoliert unter gelegentlicher Fliegenfütterung, und fand am 22. 8. noch drei Stück lebend vor. — Am 24. 8. brachte ich diese drei *Thorictus* zu *Myrmica rubida* und zwar in ein Nest, das mit Absicht ohne jede Fütterung gehalten wurde. Es sei nun hier bereits erwähnt (Näheres in Abschnitt 4), daß *Thorictus* die *Myrmica*, im Gegensatz zu andern Versuchsameisen, vollständig ignoriert, und niemals, trotz langer Hungerperioden, einen Versuch macht einen Fühler zu besetzen. In diesem Hungernest lebten die beiden Parteien bis zum 13. 10. nebeneinander; die meisten *Myrmica* gingen nach und nach zu grunde, ohne daß die bis zuletzt muntern *Thorictus* den

Versuch unternommen hätten von den Leichen zu fressen oder einen Fühler zu erreichen. Sie hielten sich zumeist an dem Filzband der Deckelscheibe oder an dem kleinen befeuchteten Schwamm des Nestes auf. — Am 13. 10. entließ ich alle Ameisen aus dem Nest und entfernte die Leichen; nachdem ich die drei *Thorictus* in einem Glasröhrchen isoliert hatte, räumte ich den Sand aus und brachte neuen ausgeglühten Sand hinein, sowie zwei zerschnittene Fliegen; dann setzte ich das Röhrchen an das Nest. Nach kaum $^1/_2$ Stunde saß der erste *Thorictus* bereits an einem Fliegenstück, nach vier Stunden alle drei; sie reißen daran herum und die im Verhältnis großen Stücke bewegen sich hin und her; unter der Lupe sieht man deutlich die Kaubewegungen der Mandibeln. So bleiben die Ausgehungerten $6^1/_2$ Tage, ohne die Stücke tagsüber einen Augenblick zu verlassen; ob sie nachts teils wanderten, weiß ich nicht, konnte nur feststellen, daß sie morgens oft am gleichen Stück arbeiteten wie am Abend zuvor. Seit der Zeit blieben sie in der Isolierhaft in der Nähe der Heizung; jede Woche wird eine Schmeißfliege gereicht und noch heute (25. 11.) befinden sie sich wohl, nachdem sie also mit Sicherheit über vier Monate keinen Fühler zur Verfügung hatten[1]).

Aus diesem und andern Versuchen ergibt sich:

1. *Thorictus foreli* kann sehr lange hungern.
2. Er könnte daher auch eine wochenlange Fühlerperiode ohne Nahrung ertragen.
3. Seine normale Nahrung besteht aus Beute- und Abfallstücken der Ameisen.
4. Zur Lebenserhaltung hat er den Ameisenfühler nicht nötig; denn die drei Tiere haben sehr wahrscheinlich seit dem 17. 4., sicher aber seit dem 20. 7. bis zum 22. 12. keinen Ameisenfühler bestiegen!

Als Wechselperiode möchte ich eine im allgemeinen kürzere bezeichnen, welche in beutereichen sonnenwarm gehaltenen Nestern deutlich hervortrat. — Zeitweise schien die

---

1) Heute, beim Empfang der Korrektur, (22. 12.) ist die Lage der Isolierten noch unverändert dieselbe! (5 Monate ohne Fühler!)

bedächtigen *Thorictus* eine Art von Nervosität zu ergreifen, zumal gegen den Herbst hin und im Frühjahr; dann konnte es vorkommen, daß zwecks Kontrolle mit farbigen Schellackpünktchen gezeichnete Käfer nach erreichtem Fühlersitz nur einige Stunden bis Tage verharrten, dann eine Zeit lang, Stunden bis Tage, herumliefen, fraßen und Ihresgleichen aufsuchten. Diese Wechselperiode steht demnach wohl mit der Begattungszeit in Zusammenhang und aus letzterer wird die nervöse Unruhe erklärlich.

Was die von Escherich wie von Wasmann geschilderten Versuche der Ameisen anbetrifft, die Käfer abzustreifen, wobei sich „die Ameisen wie toll gebärden", (Wasmann spricht die Ansicht aus, daß dies Benehmen Folge des Anbohrens des Fühlerschaftes sei; 1925 S. 99), so muß man auch hier nach Umständen und nach Arten unterscheiden. Soll aus dem Ameisenbenehmen ein Schluß gezogen werden, so muß zunächst festgestellt werden, wie die *Thorictus* normalerweise ihren Sitz am Fühler erreichen; sind größere Larven und Puppen im Nest so kann das so vor sich gehen, wie Escherich schilderte (1902, S. 650, Absch. 1); es ist aber nicht die Regel. Vielmehr suchen die Käfer fast immer die ruhenden Ameisen auf (loc. cit. Absch. 2), und je mehr Ameisen im Nest sind, umso ruhiger spielt sich der ganze Vorgang ab. Eine große Anzahl von Arbeitern mit verhältnismäßig wenigen *Thorictus* dürfte auch am ersten den natürlichen Verhältnissen entsprechen. Haben sich z. B. etwa 25 *Cataglyphis* in einem Nest gut eingewöhnt, so ist etwa die Hälfte in Bewegung, die andern bleiben in der Wohnkammer mehr oder weniger eng beisammen, ruhen, oder putzen und belecken sich. Setzt man dann zwei bis drei *Thorictus* hinzu, so laufen diese zuerst wie ziellos umher, steuern aber vielfach nach einiger Zeit sicher auf die Versammlung zu. Ich glaube, daß sie hierbei dem Geruch folgen, denn alle von mir untersuchten Arten besitzen in jeder Fühlerkeule drei große tiefe Gruben auf deren Boden ein kurzer Sinneskegel steht, den ich als Geruchorgan betrachte. — Von der Wand oder vom Boden her beginnen sie dann Kletterversuche an den Ameisen, welche davon wenig oder

gar keine Notiz nehmen. Trotz verhältnismäßiger Unbeholfenheit der Käfer führen sie meist ziemlich schnell zum Ziel; die Tarsen werden als Ganzes bogig gekrümmt und bilden eine Art von Steigeisen. Oft gehen die Käfer eine ruhende Ameise direkt von vorne an und wenn diese zufällig von einer Nachbarin betastet oder gestreichelt wird, kann, da offenbar ihre Aufmerksamkeit abgelenkt ist, *Thorictus* schon in 1—2 Minuten sein Ziel erreichen, wobei er unter Umständen noch von der Nachbarin beleckt und dadurch gestört wird. — Andernfalls kann es vorkommen, daß er vielmals hintereinander den Halt verliert, abpurzelt oder ausgleitet; aber unverdrossen beginnt er von neuem, bis er festsitzt. An einem Bein, das er irrtümlich an einer Tarse gefaßt hat, kann *Thorictus* über fünf Tage sich mitführen lassen; Nahrung als Parasit findet er am Tarsus sicher nicht; käme es ihm also nicht lediglich aufs Getragenwerden an, so würde er bei solcher Irrung sofort loslassen, was ihm ein Leichtes wäre. Faßt der Käfer aber einen Maxillartaster so ruht die Ameise nicht eher, bis sie ihn los ist. (Vergl. auch Escherich loc. cit.)

Unter soweit als möglich „natürlich" gestalteten Verhältnissen habe ich weit über 100 mal das Aufsteigen der Käfer und das folgende Benehmen der Ameisen genau beobachtet. Nur in etwa 15 Fällen wurde die Ameise auffallend unruhig und unternahm längere Versuche, um ihr Anhängsel los zu werden; sonst wurde entweder die neue Last ignoriert — n. b. wenn sie sich selbst ruhig hielt und nicht etwa mit den Beinen auf den Augen und der Stirn der Trägerin herumkratzte — oder es wurde einigemale ein fast resignierter kurzer Abstreif-Versuch mit den V-beinen unternommen. Beim Arbeiten, Beuteschleppen, Sandtragen usw. helfen die *Thorictus*-Träger eifrig und unbehindert mit; dann wieder ziehen sie sich für einige Zeit in die Wohnkammer zurück, wie das die freien Gefährten auch tun. Dagegen bei Störungen des Nestes sind sie fast nie aggressiv wie letztere; sie tauchen vielmehr zuerst im Wohnraum unter, und findet man sie dann, wie Forel aus freier Natur beschreibt, im innern Nest versammelt (cf. Wasmann, 1925, S. 98). — Ob zwei oder ein Käfer an

den Fühlern sitzt, macht im Benehmen der Ameisen wenig Unterschied, sie werden höchstens noch etwas scheuer. Auch Forel schreibt von Oran (1894, S. 11): La fourmi n'a l'air nullement genée de ce fardeau et ne cherche pas à s'en débarasser. On sait pourtant, combien les fourmis s'occupent à peigner et à nettoyer leurs antennes.

Drei Käfer auf einer *Cataglyphis* werden als lästig empfunden und bleiben selten lange haften; der Fall tritt oft ein, wenn im Verhältnis zu zahlreiche *Thorictus* im Nest sind; dann werden die Ameisen meist unruhiger und energischer und konsequenter in ihrer Abwehr. — Sogar am zweiten Geisselglied verharrte ein *Th.* 7 Tage, ohne daß die Trägerin Unruhe zeigte.

Viele *Thorictus*-Individuen meiner Nester zeichneten sich durch Langlebigkeit aus; von vier kann ich mit Sicherheit angeben, daß sie über ein Jahr aushielten (3. 24 — 2. 5. 25) und von 18 im März 1925 erhaltenen leben noch elf. Dabei ist anzunehmen, daß die mir zugeschickten Tiere schon mehrere Monate vorher, etwa Oktober, November, aus der Puppe kamen. Die Langlebigkeit findet wohl darin ihre Erklärung, daß weit mehr ♂♂ als ♀♀ produziert werden, und daß erstere daher großenteils nicht zur Fortpflanzung kamen und ausdauerten. — Daß tote *Thorictus* von den Wirten gefressen werden, bemerkte ich nie; jene scheinen sich vor dem Ende unter Abfall oder Sand zu bergen, in welchem man die Leichen gelegentlich vertrocknet oder angeschimmelt, aber unverletzt findet.

Gegen die vorgenannten Beobachtungen könnte nun eingewendet werden, daß sie zwar den Nachweis erbringen, daß *Thorictus* auf parasitische Lebensweise nicht unbedingt angewiesen ist, daß sie aber einen fakultativen temporären Parasitismus nicht ausschließen. Ich suchte nun für letzteren Belege und Gegengründe an Hand der Arbeiten von Wasmann und Escherich. — Zunächst gab ich mir, wie letzterer, alle Mühe, Fühler von *Cataglyphis*, an welchen lange Zeit und oft Käfer gesessen hatten, auf Bohr- oder Biß-Stellen in jeder Weise nachzuprüfen, im ganzen 28 Stück. Teilweise behandelte ich die Fühler mit Diaphanol, teils wurden sie frisch, teils in

Alkohol, Balsam etc. mit Binokular und Mikroskop untersucht. Eine Stelle, welche ich einwandfrei als Einstich oder Biß hätte ansprechen können, fand ich nicht, auch kein Blutgerinnsel, wohl hin und wieder andern Belag. (*Th.*, an Ameise in Alk-Chloroformgemisch oder manche andere Fixiermittel gebracht, erbricht oft größere Futterbreimengen.)

Wasmann nimmt zuletzt allerdings an, daß meist eine Sinnespore von der Unterkieferspitze des *Thorictus* angebohrt wird. Das halte ich aber nach dem Bau der Mundteile des Käfers und auch nach dem Bau des Fühlers der Ameise für unmöglich. — Da zwischen den Zeichnungen und Beschreibungen der *Th.*-Mundteile in den Aufsätzen von Escherich (1898, S. 486) und von Wasmann (1898, S. 541) Unstimmigkeiten bestehen, hielt ich es für nötig, ganz frisch präparierte Mundteile von *Th. Foreli* zugleich mit einem Fühlerschaft von dem er abgenommen wurde, zu photographieren (Taf. VI, Fig. 1). Auf dem Bilde zeigt sich zunächst, daß die innern Maxillarladen zwar spitz sind — wie bei allen fünf von mir untersuchten *Thorictus*-Arten, — daß sie aber nicht spitz genug sind, um in die auf dem Präparat deutlicher als in der Abbildung erscheinenden „Sinnesporen" einzudringen. Ein nur oberflächliches Eindrücken der Porenmembran würde aber, da meist nur eine tiefgelagerte Zelle ihre Basis bildet, gar keinen eigentlichen Blutausfluß zur Folge haben. Bei der verhältnismäßig sehr beträchtlichen Dicke der Chitinwand des Schaftes würde ferner, da bei dem Bau der Maxillen nur ein Durchstechen — nicht ein Durchbohren — in Frage kommen kann, eine ganz erhebliche Kraftleistung aufgewendet werden müssen, sowohl, wenn es sich darum handeln würde die Poren durch Druck zu erweitern, um wirklich ins Innere des Fühlers zu dringen, wie noch mehr, wenn der Fühlerschaft gar außerhalb von einer Pore durchstoßen werden sollte. Einer derartigen Kraftleistung halte ich aber die Spitze dieser Maxillarladen schon aus dem Grunde nicht für fähig, weil die Basis der innern Laden, wie aus dem Präparat und Lichtbild deutlich hervorgeht, sehr weichhäutig ist, die stärker chitinisierte Spitze demnach nicht genügend Widerlager besitzt,

um — selbst kräftige Muskelausbildung vorausgesetzt — in wenigstens ebenso stark, wenn nicht stärker chitinisierte Teile eingestoßen werden zu können. Die Muskelausbildung an der Maxillenbasis ist aber bei keiner der untersuchten *Thorictus*-Arten auffallend kräftig.

Der Unterschied der Chitinisierung zwischen basalem Teil und Spitze der Innenlade scheint nach den oben zitierten Zeichnungen zu schließen, sowohl Escherich wie Wasmann entgangen zu sein. Beim Vergleich von aus frischem Material hergestellten Präparaten der Mundteile ergibt sich auch, daß im Längenverhältnis von innern und äußern Laden, in der Beborstung und Spitzenbildung, bei *Th. mauretanicus, Th. capensis, Th. Foreli* u. a., nur ganz minimale Unterschiede vorhanden sind, sodaß sich eine Anpassung an einen schon erreichten speziellen Zweck meiner Ansicht nach aus diesem nicht ableiten läßt.

Ganz anders liegen die Verhältnisse aber bei der Ausschnitts-Bildung des Klypeus, bei welcher wir entweder von einem ausgesprochenen Anpassungsmerkmal sprechen müssen, — oder anzunehmen haben, daß diese Bildung aus irgend einem inneren Grunde bei einigen *Thorictus*-Arten entstanden oder vorhanden gewesen sei und beiläufig zur Phoresie geführt habe. — Einstweilen teile ich hier die Auffassung Wasmanns und Escherichs, daß die Klypeus-Bildung bei *Th. Foreli* und Varietäten, sowie bei *Th. pauciseta*, eine Anpassung darstelle. Es läßt sich aber auch die zweite Annahme vertreten, und zwar deshalb, weil man beim Vergleich der Klypeus- und insbesondere der Kinnplatten-Bildungen mehrerer anderer *Thorictus*-Arten findet, daß besonders die letzteren sehr variabel und zuweilen sogar extrem gebildet sind, ohne daß wir vorläufig einen Grund dafür in der Lebensweise feststellen können. Bei dem anscheinend stellenweise nicht seltenen *Th. capensis* Pér. aus Südafrika (bei *Plagiolepis*) ist z. B. der Klypeus zwar nur schwach ausgebuchtet, sodaß er für Phoresie — die man bei ihm auch bisher m. W. niemals fand — nur wenig geeignet erscheint; dagegen ist die Kinnplatte derartig tief regulär halbkreisförmig ausgeschnitten — viel tiefer und zur

Phoresie geeigneter als bei *Th. Foreli* etc.! — daß man fast versucht sein könnte, nur auf Grund dieser, ihn für die Phoresie in Anspruch zu nehmen. Auf diese und andere Fragen hoffe ich in einer in Gang befindlichen histologisch-anatomischen Untersuchung über die *Thorictus*-Gruppe später zurückkommen zu können.

Für die abweichenden Bildungen an Klypeus und Oberlippe, an Kinnplatte und Unterlippe allein brauchen wir aber nicht Parasitismus in Anspruch zu nehmen, da die bestehende Phoresie, welche dem Käfer sehr vorteilhaft ist, zur Notwendigkeit solcher Entwicklungsrichtung genügen würde; so liegt meines Erachtens für echten Fühlerparatismus von *Th. Foreli* und seinen Verwandten kein Beweis vor. Wohl aber ließe sich annehmen, daß die günstigsten Vorbedingungen für einen solchen bestehen und vielleicht zu ihm führen werden.

4. Internationalität von *Thorictus*.

Bereits im Jahre 1893 machte Wasmann (1898, S. 468 und 1925, S. 99) mit einem einzelnen *Th. Foreli* einige Versuche bei heimischen Ameisen (*F. rufa* und *sanguinea*), welche ergaben, daß diese ihm an sich völlig fremden Arten ebenso zum Fühlersitz erkoren werden können wie *Cataglyphis*.

Um nun über das *Thorictus*-Benehmen, die Rolle seiner etwaigen Trutzgestalt, die Bedeutung seiner Trichome und über das Benehmen gastfremder Ameisen Näheres zu erfahren, setzte ich solche Versuche auf sehr erweiterter Grundlage im Laufe von Frühjahr und Sommer 1925 fort und sie sollen auch 1926, wenn möglich, weitergeführt und ergänzt werden. Bisher richtete ich kleinere oder größere Nester folgender heimischer Arten ein:

1. *Formica sanguinea* + *F. fusca; F. pratensis*; *F. rufa*; *F. pressilabris.*
2. *Polyergus rufescens* + *F. cinereo-rufibarbis.*
3. *Lasius fuliginosus.*
4. *Myrmica rubida; M. scabrinodis.*

In den Nestern durften sich die Arten zunächst eine Woche völlig eingewöhnen; dann wurde nach und nach, einzeln

oder paarweise, bis zu sechs *Thorictus* in jedes Nest gelassen und verblieben bis zu vier Monaten darin.

Einstweilen ergab sich im allgemeinen folgendes:

a) Bei allen vier Kategorien fühlt sich *Thorictus* zu Hause und hält monatelang bei ihnen aus.

b) Mit sämtlichen Arten außer *Myrmica* knüpft er sofort aktiv Beziehungen an.

c) Bei 1—3 sucht er fast immer den „dicksten Haufen" und in diesem einen Fühlersitz zu erreichen, und es gelingt ihm erstaunlich schnell.

d) Keine Art von 1—4 macht auch nur den geringsten Versuch ihn feindlich anzugreifen; bei 1 und 2 wurde mehrmals Beleckung beobachtet.

e) Eine Isolierung der *Thorictus* vor Versetzuug in ein fremdartliches Nest war niemals erforderlich; ob ich die Käfer sofort von *Cataglyphis* zu einer *Formica* oder von dieser zu *Lasius* oder *Myrmica* brachte, oder umgekehrt, war vollständig gleichgültig; ein feindlicher Akt erfolgte nie!

f) Aus gelegentlichem Verhalten von 1, 2 und 4 läßt sich darauf schließen, daß die Ameisen die Käfer auch bei mäßig erhelltem Nest durch Gesicht wahrnehmen.

g) Aus dem bisher Gesagten muß sich m. E. ergeben, daß *Thorictus* wohl ein eigenes Parfum besitzt, welches einen ev. anhaftenden Nestgeruch überdeckt und den so sehr verschiedenen Wirtsameisen, wenn nicht sogleich angenehm, so doch wenigstens keineswegs unangenehm sein muß.

h) Seine Trutzgestalt spielt den obigen Arten gegenüber von Anfang an keine Rolle; ebensowenig kann bei den meisten derselben Mimikry eines Ameisenkopfes in Frage kommen, insbesondere nicht bei *L. fuliginosus* und andern kleinen Arten.

i) Wie bei *Cataglyphis* wechseln bei 1—3 längere und kürzere Perioden des Fühlersitzes mit Freiperioden, welche durch Gänge im Nest und Aufenthalte an Beute oder Abfall gekennzeichnet sind.

k) Das Benehmen der von Käfern besetzten Ameisen wechselt nach Arten, aber auch nach Individuen; eine große Rolle spielt ferner plötzliche starke Erhellung des Nestes oder andere Beunruhigungen, welche auf die *Thorictus*-Träger vielfach besonders erregend wirken, während sie bei mäßiger Belichtung fast immer ruhig verbleiben wie die übrigen.

l) Auch bei Untersuchungen von befallenen Fühlern der Kategorien 1—3 habe ich keine Bohr- und Bißwunden finden können.

Ich halte demnach *Th. Foreli* für einen hochentwickelten, auf Grund seiner Drüsensekrete und Trichome von keiner bisher mit ihm zusammengebrachter Ameisenart feindlich behandelten Symphilen, bei welchem sich auf dieser Grundlage eine fast internationale Phoresie entwickeln konnte. Die letztere bietet ihm: gesicherten Aufenthalt, Möglichkeit des Transportes und der Artverbreitung, leichtes Erreichen von Nahrung und vielleicht noch gelegentlichen Genuß von Sekreten der Ameisenkörper, allerdings in minimalen Mengen. Als Synechthre (Fraß von Wirtslarven) kann *Th. Foreli* nur äußerst selten bezeichnet werden, es sei denn, wenn ihm sonstige annehmbare Nahrung mangelt.

Zur Erläuterung einiger vorgenannter Punkte füge ich mehrere Schilderungen aus verschiedenen Nestern an:

29. 4. Nest mit 40 *F. sanguinea* + 26 *F. fusca.* Um 3 Uhr werden 2 *Th.* eingesetzt. $5^1/_2$ Uhr sitzt 1 *Th.* bereits auf *sanguinea*-Fühler; die Ameise bleibt ganz ruhig mitten im Knäuel der Gefährten sitzen. — 30. 4. 10 Uhr: *Th.* 2 sitzt ebenfalls an *sanguinea*-Fühler. — 20. 5. Die *Th.* leben noch wohlbehalten, ohne jede Belästigung, wechselnd wie bei *Catagl.* Füge *Th.* ♂ hinzu, der schon nach $^1/_2$ Stunde auf *sanguinea*-Fühler sitzt und von einer *fusca* flüchtig beleckt wird. Ein Anfahren der *Th.* mit offenen Mandibeln nie beobachtet; selten ein Stutzen.

29. 8. Nest mit 35 *Polyergus* und 45 *cinereorufib.* — Sklaven nebst Larven. Setze 10 Uhr v. 1 *Th.* unmittelbar von

Catagl. entnommen hinzu; läuft zuerst am Rande rechts und links, dann direkt auf die Ecke zu, wo die meisten Ameisen versammelt sind. Nach $^1/_2$ Stunde am Fühler einer *fusca*, die sich kaum bewegt, dann einige Schritte macht und Käfer mit freiem Fühler betastet. Nach 20 Min. läßt *Th.* los und läuft durch das Nest zwischen Ameisenklumpen hinein und darüber, ganz ungeniert wie bei *Cataglyphis*. Ameisen nehmen kaum Notiz, nur kurzes Betasten mit Fühler. Beim Versuch eine sich putzende *Polyergus* zu erklettern, gerät *Th.* zwischen deren Kiefer, so, daß sie ihn quer fest hat, mit Mandibel Spitzen zwischen Thorax und Elytren. — Ich fürchte für ihn, aber nach einigen Sekunden läßt die Amazone los und *Th.* spaziert weiter. Gegen 12 Uhr verschwindet er in einer dichten Versammlung von etwa 15 ruhig sitzenden Amazonen, drängt sich überall hinein und durch, taucht wieder auf und verschwindet; die Ameisen betasten ihn gelegentlich.

30. 8. Morgens sitzt inmitten eines Knäuels von 10 Ameisen ein *Polyerg.* mit *Th.* am Fühler in typischer Haltung; die Ameise sitzt ruhig, doch wird die Versammlung durch das Licht aufgestört und nun beginnt die Trägerin herum zu rasen, bleibt dann stehen, strampelt mit den Vorderbeinen, krümmt Hinterleib nach vorne, doch *Th.* sitzt fest. Plötzlich kommt Sklavin heran und betastet und betrillert den *Th.* und den Kopf der Erregten; sie faßt letztere dann energisch am andern freien Fühler und schleppt sie in die dunkle Nesthälfte. Im Kreis der Gefährten ist die „Besessene" sofort beruhigt. — 1. 9. Um 11 Uhr neuer *Th.* zugesetzt befindet sich 11^{20} bereits an *Polyergus*-Fühler; Ameise benimmt sich sofort ziemlich rabiat, setzt sich aber 11^{35} mit andern *Polyerg.* zum Knäuel zusammen und bleibt ruhig; spaziert 5 Uhr langsam und ruhig, aber etwas durch Last behindert, herum. — Vom 6. 9. ab finden sich diese und zwei weitere *Th.* häufiger an den Sklaven, welche trotz Last alle Arbeit mitmachen.

26. 8. Ein *Th.* zu *L. fuliginosus* gesetzt, läuft lange unruhig hin und her (Geruch?). Nachmittags sitzt er schon am Fühler, Ameise läßt Kopf hängen, geht nur sehr ungern,

tastend und stolpernd. *Th.* bleibt vier Tage unverändert, läuft dann bis 7. 9. frei, rührt Larven nicht an. Bringe tote Fliege und zwei weitere *Th.* hinzu; alle drei *Th.* bis 10. 9. an Fliege; nachmittags sitzt der erste, am 11. 9. auch die beiden andern an den Fühlern von drei sehr niedergebeugten und ruhigen *Lasius*; bleiben sechs Tage unverändert, dann neues Herumstreifen.

20. 8. *Myrmica rubida*, 40 Arbeiter und Königin; um 4 Uhr drei *Thorictus* hinzu; zwei direkt von *Catagl.*-Fühler, einer von *F. pratensis*-Fühler. *Th.* wandern ohne Scheu los, begegnende Ameisen streifen sie oft mit Fühler, nehmen keine Notiz; *Th.* wandern dahin, wo die meisten Ameisen sind, machen aber keine Besteigungsversuche. 25. 8. Unverändert; *Th.* wandern, einer begegnet Königin, welche ihn ohne Zeichen von Schreck oder Stutzen abtastet und dann beleckt, aber rasch verläßt. 30. 8. Kein Fühler besetzt, unverändert; ein Käfer fällt auf den Rücken und zappelt; eine Arbeiterin betastet ihn fast zwei Minuten, fährt mit dem Kopf einigemale über seinen Hinterleib, geht dann weiter.

24. 8. *Myrmica rubida*, 32 Arbeiter und Königin (Kontroll- und Hungernest). Vergl. S. 88. Versuch, die *Th.* durch Hunger an *M.* und deren Fühler zu bringen, bleibt erfolglos, wie auch auf *M. scabrinodis* im Juni gar nicht reagiert wurde. Die Käfer bleiben in den nächsten Wochen frisch, laufen stets mehr oder weniger lebhaft am Filzrand der Scheibe usw. herum. Am 3. 10. sitzt die Königin stundenlang in einer Ecke dicht neben einem *Th.* der ebenso verharrt; sie tastet zeitweise über ihn; ob sie ihn beleckt, ist nicht zu entscheiden. 6. 10. um 11 Uhr beleckt große Arbeiterin einen vom Schwamm gefallenen *Th.*, der auf dem Rücken liegt und zappelt, dann sich still hält. — In beiden Nestern ist niemals ein Käfer an einem Fühler gesehen worden.

Im kommenden Jahre hoffe ich die Versuche auch mit *Camponotus* und andern Arten fortzusetzen.

5. Fortpflanzung und Entwicklung von *Thorictus*.

Bereits im August-September 1924 müssen sich in der Zeit meiner Abwesenheit in einem großen Lubbocknest mehrere *Thorictus* entwickelt haben, denn ich bemerkte bei meiner Rückkehr acht Individuen an Stelle von fünf eingesetzten. Kopulationen hatte ich im Mai 1924 und 1925 beobachtet, und zwar finden dieselben meist auf dem Sande oder im Abfallnest statt und dauern $^1/_2$ Stunde bis einige Stunden, wobei sich die Paare zuweilen in den Sand begeben, sodaß genaue Angaben schwierig sind. Kopulations-Versuche finden aber zuweilen sogar am Ameisenfühler statt, und den seltsamsten Fall sah ich am 4. Mai 1924 an zwei blau gezeichneten *Thorictus*, welche auf den Fühlerschäften einer ebenfalls blau gezeichneten Ameise saßen, die Köpfe wie normal auswärts gerichtet. Die Tagebuchnotiz lautet: 6 Uhr abends. Von blauer *Cataglyphis* die ruhig an einer senkrechten Wand sitzt, läßt der linke *Thorictus* los und fällt auf den Boden, während eine andere *C.* die zweite C. beleckt. *Th.* läuft fix stets im Kreise herum, um seine *C.* zu suchen, er findet sie und turnt an ihr herum, ohne auf die andere leckende *C.* zu achten. Er fällt drei mal wieder ab und kommt von neuem, erreicht den Kopf und umfaßt, ohne auf seinen leicht erreichbaren vorigen Fühlersitz zu achten, den rechten *Thorictus*, dessen Trichome und Decken er intensiv mit den Mundteilen bearbeitet (Lupenbetrachtung), während er zugleich versucht zu kopulieren. Inzwischen erscheint eine dritte *C.* und beleckt ihrerseits den leckenden *Th.* $1^1/_2$ Minute lang; sie wird so eifrig, daß der leckende *Th.* nicht zur Vollendung der Kopula kommt, sondern abrutscht. Gleich sucht er seine *C.* mit *Th.*-Weibchen wieder auf, und zwar ignoriert er alle andern Ameisen und Gelegenheiten sich anzuklammern, welche ihm begegnen. Nach 25 Minuten sitzt er wieder auf dem andern *Th.* und diesmal gelingt die Kopula, während die Ameise wegläuft. Am andern Morgen sitzen beide *Th.* blau wieder normal auf *C.* blau an beiden Fühlern.

Wann und wie die Eiablage erfolgt, die im Sande stattfindet, blieb mir verborgen, ebenso habe ich keine Eier finden können.

Erst am 15. 9. finde ich im Gipsnest A, wo an Gästen ausschließlich stets *Thorictus* waren und noch zahlreich sind, eine offen kriechende Larve von 3 mm Länge in gestrecktem Zustand. Bei Siebung des Sandes zeigen sich fünf weitere Larven, drei von 2,3 mm, eine von 2,8 mm, eine von 1 mm Länge. Die größte und zwei mittlere Larven werden mit Sand und trocknen Fliegenstücken isoliert; die größte Larve I bleibt oben im Licht und nagt am Chitin; alle andern sind ausgesprochen photophob und versuchen in eigenartiger Krümmung senkrecht in den Sand unterzutauchen. — Am 17. setze ich die isolierten Larven in einen auf 23—26° C. gehaltenen Wärmekasten. Larve I bewegt sich am 17. und 18. fast gar nicht und bleibt oben auf dem Sand zwischen zwei eingelegten Fliegenstücken. Am 19. und 20. 9. scheint sie etwas verkürzt und ganz bewegungslos; am 22. vorm. 9 Uhr ist die Stirnhaut geplatzt; in den folgenden Stunden schrumpft die sich vom Körper von vorne nach hinten lösende Hautröhre harmonikaartig zusammen und haftet um $4^1/_2$ Uhr nachm. nur noch am hintersten Ende; im übrigen ist die weiße Puppe heraus, welche breiter und kürzer erscheint als das letzte Larvenstadium. — Der bewegungslose Larvenzustand dauerte ca. vier Tage. Die Puppe I mit anhängender Larvenhaut wird konserviert. (Abbild. 7, Taf. VI.)

Larve II hat am 27. 9. an Länge 3,1 mm erreicht, kommt nach oben und liegt vom 28. 9. bis 1. 10. ruhig etwas gekrümmt auf dem Sande. Am 2. 10. vorm. ist die Haut auf der Stirn geplatzt; nachm. ist die Puppe I aus der Haut hinaus. — Diese Puppe wird isoliert; sie bleibt unverändert bis zum 1. 11., wird nur zuletzt etwas gelblicher. Am 2. 11. rutscht sie aus der ersten Puppenhaut, die ihr noch hinten anhängt, heraus und der Thorax ist mehr gelbbraun gefärbt. Der Randbezirk der Prothorax-Hinterecken hebt sich deutlich dunkel orangefarben als schmaler Streif jederseits ab, ebenso der vorderste Rand der Flügeldecken. (Drüsen- und Trichomanlagen.) Fast

der ganze Körper ist zerstreut lang abstehend behaart. Die Mandibeln sind bereits dunkelbraun, der Klypeus Ausschnitt, im ersten Stadium nicht vorhanden, ist deutlicher geworden — ein halbkreisförmiges Relief über der Mandibelbasis.

Die Flügeldecken haben sich verlängert und vergrößert und liegen so auf der Unterseite umgeschlagen, daß sie das 3. Beinpaar bedecken. An der Basis sind sie näher aneinander gerückt; aber die beiden Hälften sind noch ganz getrennt. Die Anlage der eigentlichen Hinterflügel, im ersten Stadium schon basal kaum sichtbar, verschwindet nach der ersten Puppenhäutung. Die Abdominaldornen, welche bei Puppe I noch nach außen stehen, — wenn auch viel kleiner als bei der Larve, sind noch weiter verkleinert ins Innere gerückt (♂) — Auf diesem Stadium fixiere ich die Puppe II am 15. 6. mit wiederum anhängender Puppenhaut I nach einer Puppenzeit von 44 Tagen. Ich glaube aber — ein Beweis fehlt vorläufig — daß erst eine weitere Häutung zur Imago führt; denn die endgültige Ausgestaltung, die Trichome und die für *Thorictus* bezeichnende Verwachsung der Flügeldecken in der Naht fehlen noch.

Beschreibung der Larve und der Puppe. — Ausgewachsene Larve: 2,8—3,1 mm lang, 0,7—0,8 mm breit. Farbe weiß bis schwach gelblich; lange Behaarung goldgelb bis bräunlich, oben borstig abstehend in Reihen; auf der Unterseite dichter und feiner, mehr anliegend, schräg nach außen und hinten gerichtet. — Die Kopfkapsel ist weißlich, groß, fast halbkugelig, unten und seitlich dichter, auf der Stirn sehr spärlich beborstet; auf letzterer vorne nur 2 Gruppen von je 3—4 Börstchen.

Die Fühler sind kurz viergliedrig; 1. Glied kurz und dick, 2. etwa doppelt so lang, etwas schmaler; 3. fast wie das 2., nur wenig dünner; 4. nur $^1/_3$ so dünn und lang als das 3., neben dem 4. Gliede steht auf der breiten Endfläche des 3. ein großer Sinneskegel. Der Klypheus ist zwischen den Fühlerbasen sehr seicht weit bogenförmig ausgebuchtet; die Oberlippe breit rechteckig, mit etwas gerundeten Vorderecken.

Mandibeln an der Basis breit, kräftig, stumpf einspitzig, unter der Spitze nach innen etwas grubig eingesenkt (Nageschaufel?). — Die Maxillarpalpen sind dreigliedrig, das Basalglied sehr breit und kurz, das 2. etwas gestreckt fast würfelförmig, das 3. etwas länger, kegelförmig, mit gerundeter Spitze. Vergl. Textabb. 1. Die auffallend kräftige wohldifferenzierte Lade trägt eine Reihe von 6 Borsten und eine Anzahl feinerer langer Haare; vor allem aber ist eine innere Lade in Gestalt einer Schaber-ähnlichen chitinösen kräftigen Bildung vorhanden. — Labialtaster kurz, dick, zweigliedrig, das Endglied zylindrisch, mit mehreren Sinnesorganen versehen.

Textabb. 1. Rechte Maxille u. Labialtaster der Larve von *Th. Foreli*.

Mir ist bisher keine Koleopterenlarve mit derart guter Ausbildung der Maxillarladen bekannt geworden, was auf eine besondere Nahrung oder besondere Funktion bei deren Aufnahme schließen läßt. Ein — allerdings entfernter — Vergleich läßt sich mit gewissen Phalacriden- und einigen Coccinelliden-Larven ziehen.

An die Kopfkapsel schließen sich 13, mit Ausnahme der ersten drei etwas längeren beintragenden Thoraxsegmente, unter sich fast gleichbreite und gleichlange Hinterleibssegmente an. Jedes der mittleren Segmente trägt von oben gesehen eine Querreihe von ca. 12—14 langen Borsten; das 2. Brustsegment zeigt abweichend nur 6—8 Borsten; die hintern Abdominalsegmente haben in einfacher Mittel-Querreihe meist 8—6—4—2 Borsten. Nach den Seiten gehen die oben einfachen Reihen in Doppelreihen schwächerer Borsten über, an den Thoraxsegmenten in kleine Borstengruppen oberhalb der mittelmäßig langen, scharf einfach bekrallten Beine. — Das letzte Abdominalsegment endet in zwei sehr deutlich vortretenden, langen, scharfen, kräftig chitinisierten, nebeneinander stehenden

Dornen. Seitlich neben diesen jederseits ein dünnes Büschel feiner langer Haare. — Beim Fixieren krümmt sich das im Leben fast stets schräg nach hinten getragene Dornenende meist nach oben. (Taf. VI, Fig. 6.)

Lebensweise. Die Larven machen ihre Entwicklung im Sande des *Cataglyphis*-Nestes durch und bevorzugen die trocknen Teile in und neben der Wohnkammer, welche ohne jede direkte Befeuchtung gehalten wurden. Sie sind bis zum letzten Stadium ausgesprochen heliophob; bringt man sie auf die Oberfläche des Sandes, so tauchen sie sozusagen senkrecht unter, indem der Kopf sich direckt nach unten umbiegt und der Leib in scharfer fast rechtwinkeliger Krümmung folgt. — Lichtsinnesorgane waren am Kopf nicht feststellbar. — Die Bewegungen, vor allem im und durch feinen Sand, erfolgen verhältnismäßig rasch; das teils starre Haarkleid schafft bei der Segmentbewegung mit Raum und verteilt das auflagernde Sandgewicht auf eine größere Fläche.

Die Nahrung der Larven besteht wie diejenige der Käfer aus Abfall-Partikeln, welche sie vor allem an ausgetrockneten Beuteresten und Chitinteilen der Ameisen finden. Ihr Verhältnis zu letzteren ist ein absolut indifferentes; dieselben betasten sie wohl durch Zufall, wenn sie einer Larve begegnen, nehmen aber weiter keine Notiz von ihr, während sie andre etwa gleichgroße Larven, die man ihnen vorlegt, feindlich behandeln, bezw. töten und verzehren. — Die Gelegenheit zur Begegnung mit *Thorictus*-Larven dürfte allerdings in freier Natur nicht gar zu häufig gegeben sein, wohl nur, wenn letztere ausgewachsen sind, oder wenn grabende Ameisen auf sie stoßen. Wenn die Gewohnheiten der Larven im Kunstnest mit denjenigen im Freien übereinstimmen, bleiben sie im Sande verborgen bis gegen Schluß ihrer Entwicklung, und erst ehe sie sich zur Puppe wandeln, kommen sie zur Oberfläche — zu welchem Zwecke ist mir bisher nicht ersichtlich. (Vergl. hierzu S. 101.) — Nach den von mir gefundenen Larvengrößen: 1 mm, 1,8 mm, 2,4 mm, und ca. 3 mm Länge, dürften wenigstens 4—5 Häutungen stattfinden.

Puppe I. — 2,7—2,9 mm lang, 1,5 mm breit. Weiß von Farbe, zerstreut und fein lang behaart, gibt im Umriß bereits deutlich die *Thorictus*-Form wieder. Der Kopf ist auf die Unterseite gebogen, die Fühlerumrisse stehen seitlich schräg gegen den Rand des Prothorax ab; der Klypeus erscheint noch nicht ausgeschnitten. Die Beine sind gewinkelt angezogen, die Tarsen, deren Gliedanlagen bereits gut kenntlich sind, stehen alle parallel nach hinten. Die Krallenanlagen erscheinen als einheitliches Glied. Der Prothorax ist vorn breit gerundet, hinten gerade, mit fast rechtwinkeligen Ecken; Meso- und Metathorax treten auf dem Rücken als etwa gleich kurze und fast gleichbreite Ringe vor; der Metathorax wird vom Mesothorax teilweise überlagert und ist daher etwas kürzer und schmaler. Von ihnen gehen die Elytren- und Flügelanlagen aus, welch' erstere sehr kräftig und lang, zum größten Teil auf die Bauchfläche umgeschlagen sind; Unterflügel sind auf der Unterseite nicht sichtbar. — Auf dem Rücken sind deutlich 9 fast gleichlange Abdominaltergite mit Rand sichtbar; die letzten 4 verschmälern sich rasch, und das letzte endet in 2 Dornspitzen, welche verhältnismäßig etwas kleiner als die der Larve sind. Die viel gröber als die Puppe behaarte und beborstete letzte Larvenhaut bleibt meist an der Puppe hängen. (Fig. 7). Bei Berührung macht die Puppe krümmende Bewegungen mit dem Hinterleib, welche in den ersten Tagen lebhafter sind als später. — Die weitere Entwicklung ist oben S. 101 (Puppe II) bereits geschildert.

6. Zwei neue Myrmekophilen.

1. Thorictus Manni n. sp. *Th. Foreli* v. *Bonnairei* Wasm. statura similis, castaneus, nitidus, subacute triangularis, disperse longe aureopilosus, valde convexus, elytrorum basi maxime et profunde depressa, cum thorace declivi in medio haud impresso sulcum formante, lateribus late densissime (de prothoracis angulis) aureopilosis. Prothorace et elytris valde disperse, capite angustius punctatis; clypeo proiecto late rotundato in medio mediocriter emarginato. Tibis profunde

punctatis setiferis. Corp. long. 2,4—2,6 mm; lat. 1,5 mm. Taf. VI, Abb. 8.

Die Art gleicht oberflächlich dem *Th. sulcicollis* und vor allem dem *Th. Foreli* var. *bonnairei*, ist hell-kastanienbraun, unterscheidet sich sofort von allen Verwandten außer durch die auffällig lange zerstreute Behaarung — welche sich leicht abreibt und daher kein zuverlässiges Kennzeichen bildet — durch die sehr viel tiefere, kräftige, durchgehende Grubenfurche zwischen Brust und Flügeldecken, durch die fehlende Längseinsenkung der hinteren Thoraxmitte zu dieser Grube hin und ferner vor allem durch die Bildung des Kopfes. Der schmale Seitenrand desselben hinter der Fühlerbasis ist überall gleichbreit und dicht mit auswärtsstehenden Börstchen besetzt; der Klypeus ist breit vorgezogen, weit gerundet und in der Mitte rundlich ausgeschweift, weiter und weniger tief als bei *Foreli*, tiefer als bei den andern mir bekannten Arten. — Die zerstreute Punktierung auf Kopf, Halsschild und Flügeldecken ist weniger stark und viel weniger dicht als bei jenem. Der Scheitel und der Prothorax vorne und seitlich sind ziemlich kurz anliegend behaart; der Abfall des Halsschildes ist mit zerstreuten, sehr langen — bis auf die Elytren reichenden — Haaren versehen; die Flügeldecken selbst tragen ziemlich gleichmäßig zerstreut ebenso lange, halb liegende, halb abstehende Haare, welche nach dem Seitenrande und dem Hinterende zu viel dichter gestellt, aber etwas weniger lang sind. — Die Tibien sind tief eingestochen punktiert und allseitig beborstet; Die Hintertarsen sind um etwa $^1/_3$ kürzer als die Tibien.

Diese unzweifelhaft auf einer hohen Stufe der Symphilie stehende Art dürfte einen weiteren Beweis für das auf Seite 85 über die Furchenentwicklung Gesagte bilden; sie ist ferner von besonderem Interesse, weil sie einen Uebergang vom schwach geschweiften zum tief ausgeschnittenen Klypeus zeigt und damit einen deutlichen Hinweis auf die stufenweise Entwicklung zur Phoresie hin gibt. Da mir nur die beiden Typen bisher zur Verfügung standen, konnte ich leider die Form der Kinnplatte nicht feststellen; da aber der Ausschnitt

des Klypeus in Verbindung mit den Mandibeln einen etwa elliptischen Raum umschließen kann, halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß auch diese Art sich gelegentlich von ihren Wirten an deren Fühlerschaft tragen läßt.

Je ein Exemplar wurde bei *Messor* spec. und bei *Cataglyphis* spec. unweit Akaba in Arabien, Oktober 1914, von meinem Freunde W. M. Mann, Washington, gefangen und mir zur Beschreibung überlassen.

2. Cossyphodes Voigti n. sp. Corporis forma subelliptica valde plana paullo acuminata oculisque sat magnis generi Cossyphodino Wasm. persimilis, sed antennis 11-articulatis, tarsis 5—4—4 articulatis, carina prosterni profunde sulcata generi „Cossyphodes" Westw. attribuenda. — Castaneus, opacus, capite plano late marginato haud carinato, vertice vix perspicue aequaliter convexo, oculis subelevatis desuper reniformibus; prothorace plano haud carinato, marginibus lateralibus paullulum subelevatis. Elytrorum margine lato antice fere plano postice paullo reflexo, disco aequaliter subconvexo haud carinato, striis subtilibus duabus mediis integris, stria marginali abbreviata, stria suturali incisa dimidio posteriore solum visibili.

Long. corp. 2,5—2,6 mm; lat. 1,1 mm. Taf. VI, Abb. 9.

Von allen bekannten in meiner Tabelle (1915) S. 15 aufgeführten Arten weicht die vorliegende durch den breiteren viel ebeneren Körper ab; sie stellt etwa einen völlig plattgedrückten *C. Bewicki* Woll. dar. — Der Kopf ist vorn halbkreisförmig gleichmäßig gerundet, hinten gerade abgeschnitten, auf dem Scheitel kaum konvex, unmerklich in den ringsum breiten Rand übergehend. Das Halsschild ist schwach trapezförmig, vorne nur um ein weniges schmäler als hinten, die Seiten sehr schwach gebogen, die Scheibe ist nach der Mitte äußerst wenig sanft gleichmäßig gewölbt, ohne Kielung, wie sie bei allen andern bekannten Arten in höherem oder schwächerem Maße vorhanden ist. Die etwa anderthalb mal so langen wie breiten Elytren sind ebenso schwach konvex, ohne Kielbildung; ihr vorne breiterer Seitenrand wird nach hinten etwas schmäler und deutlicher abgesetzt und auf-

gebogen; ihre feinen Streifen sind nicht kiel- sondern nur strichförmig erhoben; der Nahtstreif verläuft sehr dicht neben der Naht und bildet hinten eine stärker vertiefte Linie, welche nach vorne etwa bis zur Elytrenhälfte langsam schwächer wird und verschwindet.

In meiner obengenannten Tabelle ist die Art folgendermaßen hinter *C. Bewicki* einzuschieben:

2. A. Augen von oben deutlich sichtbar, Corneafazetten vorstehend; Kielung fehlt vollständig; auf den Elytren 3 Strichlinien und eine hinten eingeschnittene Sutural-Linie.

C. Voigti, Reichensp.

2. B. . . . . .

Ich verdanke diese, dem ausgesprochenen Trutztypus angehörige Art, welche in ihrer Flachheit einen völligen Uebergang zu den indisch-abessinischen *Cossyphodinus* darstellt, meinem Freunde, Dr. H. Andreae (Kapstadt) aus Burgbrohl, welcher sie einmal ohne Wirt unter Stein, Oktober 1919, und neuerdings in einem von Ameisen teilweise besetzten Termitenbau unter ersteren fand (*Plagiolepis custodiens*). — Im Kapstadt-Museum steckt die Art als *C. Bewicki* irrtümlich unter diesen. — Meinem hochverehrten Lehrer und lieben Freunde zum 70. Geburtstage in Dankbarkeit gewidmet.

Literatur.

Escalera M. M. de la 1923. Especies nuevas de Thorictus (Col.) de Marruecos y riberas del Mediterranéo in Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. XXIII. p. 376.

Escherich, Karl 1898. Zur Biologie von Thorictus Foreli Wasm. in Zool. Anz. XXI. S. 483—493.

Ders. 1902. a) Biologische Studien über algerische Myrmekophilen in Biol. Zentr. XXII, S. 638—663.

Ders. 1902. b) Zur Biologie der nordafrikan. Myrmecocystus-Arten in Allg. Z. f. Ent. VII. Nr. 18 f.

Forel, Aug. 1890. Eine myrmekolog. Ferienreise nach Tunesien u. Ostalgerien in Humboldt IX, Heft 9, S. 296.

Ders. 1894. Les Formicides de la Province d'Oran. Lausanne. Entr. Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. XXX, No. 114. S. 1—45.

Kolbe, H. J. 1903. Über myrmekoph. Insekten, speziell über Th. Foreli Wasm. Sitz. Ber. Ges. Naturf. Fr. Berlin, Nr. 6, S. 237—53.

Perez Arcas, Laur. Especies nuevas ó criticas de la Fauna Española I, II, Madrid 1872, S. 1—43.

Reichensperger A. 1915. Myrmekoph. u. Termitoph. aus Natal u. Zululand in Meddel. Göteb. Mus. Zool. Afd. Nr. 5, 1—20.

Ders. 1923. Myrmekologische Beobachtungen aus Luxemburg in Verh. Ges. Luxb. Nat.

Ders. 1925. Ameisenmimikry und Metöke Myrmekoidie in Biol. Zentr. 45, S. 290—303.

Reitter Ed. 1881. Bestimmungstabellen der europ. Koleopteren. Thorictidae Verh. k. k. zool. bot. Ges. Wien. XXXI, 86—95 u. a. vom gleichen Verf.

Wasmann, E. 1890. Verzeichnis der von Dr. A. Forel in Südtunesien u. Ostalgerien ges. Ameisengäste. D. Ent. Zeitschr. S. 297 ff.

Ders. 1895, 1896. Zur Kenntnis einiger schwieriger Thorictus-Arten. I. II III. D. Ent. Ztschr. S. 41, 291, 242.

Ders. 1895. Verzeichnis der von Prof Dr. A. Forel im Frühling 1893 in der alger. Provinz Oran ges. Ameiseng. D. Ent. Z., p. 45.

Ders. 1894. Kritisches Verzeichnis der myrmekoph. u. termitoph. Arthropoden. Berlin, F. Dames, 231 S.

Ders. 1898, 1 Th. Foreli als Ektoparasit der Ameisenfühler in: Zool. Anz. S. 435.

Ders. 1898, 2 Zur Lebensweise von Th. Foreli in: Nat. u. Offenb. 44, S. 466—478.

Ders. 1898, 3 Nochmals Th. Foreli als Ektoparasit der Ameisenfühler. Zool. Anz. S. 536—46.

Ders. 1902. Coléoptères myrmécoph. récueillis par A. Lameere en Algerie. Ann. Soc. Ent. Belg. 46, S. 159.

Ders. 1923. Die Larvenernährung bei den Ameisen und die Theorie der Trophallaxis in: Mem. Pont. Acad. Rom. II, VI, 23 pp.

Ders. 1925. Die Ameisenmimikry. Ein exakter Beitrag . . . in Abhdl. theor. Biol. Heft 19, 164 pp.

Wheeler, W. M. 1910. Ants, their structure, behaviour p. p. New York.

Ders. 1918. A study of some ant larvae, with a consideration on the origin and meaning of the social habit among Insects in Proc. Am. Phil. Soc. 57, Nr. 4.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I

Fig. 1. Mundteile von *Th. Foreli* neben Fühlerschaft von *C. bicolor* photographiert. Seibert Obj. 16 mm, Ok. 4.
„ 2. Formica cinereo-rufib. mit Thorictus vergr. $5^1/_2\times$
„ 3. Polyergus rufescens „ „ „ $5^1/_2\times$
„ 4. Formica sanguinea „ „ „ $5^1/_2\times$
„ 5. Lasius fuliginosus „ „ „ $5^1/_2\times$
„ 6. Larve von *Thorictus Foreli* v. *bonnairei* Wasm. erwachsen, vergr. 22×
„ 7. Puppe, desgl. mit abgestreifter Larvenhaut. vergr. $11^1/_2\times$
„ 8. *Thorictus Manni* n. sp. vergr. 12×
„ 9. *Cossyphodes Voigti* n. sp. vergr. 17×.

Zur vertikalen und horizontalen Verteilung der aquatilen Coleopteren des rheinisch-westfälischen Schiefergebirges.

Versuch einer tiergeographischen Analyse.

Von

F. Rüschkamp S. J., Bonn.

Das Material zu dieser Arbeit verdanke ich Herrn Prof. Dr. W. Voigt, der seit Anfang der neunziger Jahre die Strudelwürmer unseres Gebietes in tiergeographischer und ökologischer Hinsicht erforschte und vor dem Abschluß seiner großen Arbeit steht. Voigt hat zu diesem Zweck über 2000 Quellbäche und zudem zahlreiche stehende Gewässer durchforscht. Fast nur bei diesen wurde der Wasserhamen benutzt. In den Quellbächen dagegen wurde mit der Hand unter Steinen, Holz und Laub zunächst nach Planarien und nur nebenbei auch nach deren Synöken gesucht. Die Moospolster wurden nicht untersucht. Dies über die angewandte Sammelmethode.

Anfangs Oktober 1925 stellte mir Voigt seine reiche Gesamtausbeute zur Verfügung, um daraus die Coleopteren zu bearbeiten. Einen kleineren Teil derselben hat er früher schon weiland Amtsgerichtsrat C. Röttgen in Koblenz überwiesen, der die Funde in seinem Verzeichnis der rheinischen Käferfauna notierte. Es fehlte aber an Zeit, diese Angaben wieder herauszusuchen und hier mit zu verwerten. An Käfern fanden sich in der Ausbeute noch vor rund 2800 Exemplare von etwa 640 Fundplätzen; nach Abzug der zufälligen Funde verteilen sich die Käfer auf gut 130 Arten. In erster Linie sind es aquicole Formen fließender und stehender Gewässer, in zweiter Linie ripicole Arten aus humusreichen Sickerquellen und Gebirgsbächen. Die Eigenart des nachfolgenden Verzeichnisses erklärt sich aus der genannten Sammelmethode. Die trägen *Limnebius*, *Hydraena* und *Helminthini* sind gut

vertreten, die flüchtigen Arten weniger; die große Zahl der *Carabiden, Staphyliniden, Heteroceriden* usw., die schlammige Bachufer und Moospolster bewohnen, fehlen fast ganz. Obwohl es sich demnach in keiner Weise um eine systematische Erforschung aller in und an unsern Gebirgsgewässern lebenden Coleopteren handelt, ist trotzdem, wie sich zeigen wird, die Ausbeute in mehr als einer Hinsicht beachtenswert.

Zur Kennzeichnung der Fundorte sei folgendes bemerkt. Selbst die höchstgelegenen Quellen des untersuchten Gebietes liegen unterhalb der obersten Waldgrenze, sind daher meist reich an abgefallenem Laub und Humus. Selten oder nie zeigen die Quellbäche grobes Geröll. Die Quellen des Hohen Venn sowie des Idarkopfgebietes im Hunsrück müssen sogar als Sumpfquellen bezeichnet werden, deren Biocoenosen sich daher nur schwach von denen stehender Tümpel unterscheiden können. Denn das aus dem Boden dringende Wasser hat zunächst so wenig Gefälle, daß es sich staut und Tümpel bildet, deren Abfluß allerdings bald eine größere Beschleunigung bekommt. Diese reicht aber nicht entfernt an die der alpinen Wildbäche heran. Da Voigt im Gebirge vorzugsweise die Quellen selbst und die obersten Bachläufe untersuchte, können wir die vorliegenden Käfer im Ganzen als Quell- und Quellbachfauna ansprechen.

In horizontaler Hinsicht erstreckt sich das Untersuchungsgebiet, wie in der Überschrift angegeben, hauptsächlich auf das rheinisch-westfälische Schiefergebirge. Von den ca. 640 Fundorten entfallen allein auf Eifel und Hunsrück rund 200 (mit ca. 750 Käfern) und 100 (mit ca. 500 Käfern). Wieweit darüber hinaus vereinzelte Ausflüge ins übrige deutsche Mittelgebirge unternommen wurden, ersieht man aus dem Verzeichnis. Geographisch sind die Fundstellen von Prof. Voigt so geordnet, daß sie sich in der Eifel, der auch das Vorgebirge bei Bonn zugerechnet ist, von Norden nach Süden folgen, im Hunsrück über den Hauptkamm von Westen nach Osten. Vom Donnersberg in der Pfalz wenden wir uns durch den Taunus, den Westerwald mit Siebengebirge nach Norden zum Teutoburger Wald. Solling, Habichtswald, Hessisches Bergland,

Vogelsberg, Rhön und Thüringerwald bilden einen Kreis für sich. Den Gebirgsfunden gegenüber stehen die aus der flachen Ebene. Solche liegen vor aus dem Siegtal mit seinen Tümpeln und alten Flußläufen von Geislar bis zur Mündung, also von einer Strecke, die als Seitenarm der Kölner Bucht betrachtet werden kann. Daran schließen sich Funde aus der links- und rechtsrheinischen Tiefebene.

Bezüglich der horizontalen Verbreitung ergab sich, daß die aquatile Coleopterenfauna der genannten deutschen Gebirgszüge unter sich fast identisch ist. Am Schluß werden wir näher darauf eingehen und auch einige auffallende Vorkommnisse hervorheben.

Die Höhenunterschiede zwischen den Fundstellen der genannten Ebenen und Gebirgszüge ist nicht unbeträchtlich. Zeigen doch die letzteren fast ausnahmslos Gipfelpunkte von 800—900 m. Es wurden deshalb die gesammelten Arten auf ihre vertikale Verteilung hin untersucht, um herauszufinden, ob die betreffende Art nur in der Ebene oder nur im Gebirge oder unabhängig von den vorliegenden Höhenunterschieden vorkommt. Darüber haben wir ja noch so wenig zuverlässiges Schrifttum, daß sich diese Nachprüfung auch für gewöhnliche Arten lohnt. Dabei habe ich mich, soweit es ging, einzig an die durch die Sammelausbeute selbst gegebenen Unterlagen gehalten. Lag aber eine Art nur aus dem Gebirge oder nur aus der Ebene vor, ist sie aber von C. Röttgen, Die Käfer der Rheinprovinz, oder von Everts, *Coleoptera Neerlandica* auch aus der Ebene bzw. aus dem Gebirge gemeldet, so wurde diese Entlehnung durch Einklammerung gekennzeichnet, z. B. „*Hydroporus memnonius*, Bäche (der Ebene und) des Gebirges bis zu den Quellen hinauf." Überwiegt nach den genannten Gewährsmännern und eigener langjähriger Erfahrung das montane Vorkommen einer Art über sein Vorkommen in der Ebene, so wurde bei Angabe des Zootopes das Gebirge vor der Ebene genannt. Da die Arten meist in größerer Stückzahl vorliegen, wurde diese in arabischen Zahlen in Klammern beigesetzt, um das Urteil

zu stützen und einen Anhaltspunkt für die relative Häufigkeit einer Art zu geben.

Bezüglich der vertikalen Verbreitung zeigte es sich, daß die meisten der hier aufgeführten Arten wohl von ihrem Zootop, ob Bach (**Ba.**) oder Tümpel (**Tü.**), nicht dagegen von einer Höhendifferenz bis zu 1000 m abhängig sind. Ein Vergleich mit den aquatilen Coleopteren der alpinen Hochgebirgsseen wird das vollauf bestätigen.

Die wenigen stenotopen, ausschließlich in kalten, rasch fließenden Gebirgsbächen bez. in Gebirgstümpeln lebenden Arten werden am Schluß besprochen und Anlaß zu einer tiergeographischen Analyse dieser auffälligen Faunenelemente geben. Wenn diese Analyse auch nur ein Versuch genannt werden kann, so stellt sie doch eine Reihe unzweifelhafter Glacialrelikte im rheinisch-westfälischen Schiefergebirge fest.

Für weiche, unausgefärbte Jungkäfer wurden, soweit sie vorliegen, die Fundmonate angegeben. Meist sind es Herbstmonate, was besagt, daß die Jungkäfer überwintern und meist erst im Frühjahr für Fortpflanzung der Art sorgen. Besseren Aufschluß über den Entwicklungszyklus dieser Arten dürfte die für später vorbehaltene Bearbeitung des ebenfalls ansehnlichen Larvenmaterials geben. Die Fundmonate für Nicht-Jungkäfer oder als solche nicht erkenntliche Tiere decken sich zumeist mit den akademischen Ferienzeiten, die Voigt in erster Linie zum Sammeln benutzte. Geben Funddaten auch kein geschlossenes Bild von der Dauer des Imaginallebens, so sollten sie doch immer angegeben werden, um die klaffenden Lücken unseres Wissens füllen zu helfen, die die erste Lieferung von Bluncks Syllabus der Insektenbiologie allen offenbar macht und von Blunck selbst mit Recht beklagt werden.

In der systematischen Anordnung sowie in der Numerierung der Arten einer Gattung lehnt sich das nachstehende Verzeichnis aus praktischen Gründen an Röttgens Fauna der Rheinprovinz an. Die Abkürzungen **nov. f. spec.** und **nov. f. ab.** kennzeichnen die für unsere rheinische Fauna

neuen Species und Aberrationen. Ein bis oder ter der Artenzahl beigesetzt soll angeben, wo die Neufunde im Faunaverzeichnis einzureihen sind. Die alte Klage, Eifel und Hunsrück seien bislang coleopterologisch vernachlässigt worden, besteht zu Recht, denn die vorliegende Ausbeute eines doch sehr kleinen Zootops enthält ein Dutzend nov. f. spec. und etwa ebensoviele nov. f. ab. Die Gesamtzahl der bislang im Rheinland sicher nachgewiesenen Arten beträgt demnach 3562. Diese Zahl wird sich allerdings bald beträchtlich erhöhen. Verfasser stellt zur Zeit die handschriftlichen Nachträge Röttgens zu seiner Fauna zusammen, die in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden.

Belegstücke für die hier aufgeführten Arten befinden sich in meiner Sammlung. Im übrigen wird das Material dem Naturhistorischen Verein in Bonn übergeben. An dieser Stelle sei Prof. Voigt für die Überlassung der wertvollsten Funde und meinem greisen Freunde Jonkher Dr. Ed. Everts für seine Hilfsbereitschaft herzlich gedankt.

Carabidae.

Elaphrus F.

4. **aureus** Müll. — Eifel: Witterschlick sw. v. Bonn (1) An *Bü. d. Eb.* IV.

Haliplidae.

Haliplus Latr.

4. **fulvus** F. — Berg. L.: Tü. sö. v. Stallberg b. Siegburg (1) *Tü. d. Eb.* (*u. d. Geb.*) VI.

5. **flavicollis** Strm. — Eifel: Kottenforst sw. v. Bonn (1) — Berg. L.: Tü. ö. u. Moorweiher nö. v. Stallberg b. Siegb. (3) — Sieg: Tü. u. Flußarme von Geislar bis zur Mündung (9) — *Tü. d. Eb.* (*u. d. Geb.*) V—VIII.

6. **laminatus** Schall. — Sieg: altes Flußbett (1) vid. Everts — *Tü. d. Eb.* (*u. d. Geb.*).

7. **ruficollis** Deg. — Eifel: Kottenforst sw. v. Bonn — Urft w. v. Schmidtheim (3) — Berg. L.: Stallberg — Q. d. Tü. wnw. v. Franzhäuschen b. Siegburg (5) — Sieg: Verschied. Tü. v. Geislar bis z. Münd. (27) — Rh. Tiefebene: M.-Gladbach — Niers b. Rheydt — Düsseldorf (4) Om. vid. Everts — *Klare Tü. d. Eb. und tote Flußarme* III—IX Jungkäfer VI, VII.

9. **fluviatilis** Aubé. — Sieg: Altwasserlauf b. Wolsdorf (2) vid. Everts — *Tü. d. Eb.* IX.

11. **lineatocollis** Mrsh. — Eifel: Tü. an d. Ahr b. Bodendorf (1) — Berg. L.: Franzhäuschen nö. v. Siegb. (1) — Sieg: Altes Flußbett b. Wolsdorf — Tü. bei Bergheim (3) *Tü. u. alte Flußläufe der Eb. u. d. Geb.* V—IX.

Dytiscidae.

Hyphydrus Ill.

1. **ferrugineus** L. (ovatus L.) — Berg. L.: Moorweiher b. Stallberg nö. v. Siegb. — Tü. nw. v. Kaldauen (7) — Sieg: Zahlr. Tü. im Mündungsgebiet (37) — Rh. Tiefeb.: M.-Gladbach (2) — *Tü. d. Eb.* IV—VIII, Jungkäfer VII, VIII.

Hygrotus Steph.

1. **inaequalis** F. Eifel: Kottenforst sw. v. Bonn (3) — *Tü. d. E. (u. d. Geb.)* VIII.

2. **versicolor** Schall. — Sieg: In vielen Tü. u. Flußarmen (43) — *In d. Eb. (u. im Geb.)* III—VIII, Jungkäfer VII.

Coelambus Thoms.

1. **impressopunctatus** Schall. — Sieg: Tü. w. v. Bergheimer Fähre (2) — *Tü. d. Eb.* V.

Bidessus Sharp.

1. **unistriatus** Ill. — var. **grossepunctatus** Vor. nov. f. ab. — Berg. L.: Tü. ö. u. Moorweiher sö. v. Stallberg u. v. Siegburg (3) — *Tü. d. E.* V, VI.

Hydroporus Clairv.

7. **pictus** F. — Berg. L.: Verschied. Tü. bei Stallberg (5) — Sieg: Tü. b. Bergheim, Meindorf, Wolsdorf (13).

ab. **cruciatus** Schils, nov. f. ab. — Berg. L.: Stallberg (3) — Sieg: Tü. w. v. Wolsdorf (1) — *Tü. d. Eb. (u. d. Geb.)* IV—XI, Jungkäfer IX.

8 bis. **bilineatus** Strm. nov. f. spec. — Sieg: Tü. b. Bergheim (1) vid. Everts. — *Tü. d Eb.* V. — Rh. Tiefeb.: Nierseb. (1) vid. Everts.

10. **lineatus** Deg. — Eifel: Kottenforst sw. v. Bonn (1) — Berg. L.: Stallberg n. v. Siegb. (12) — Sieg: Tü. u. alte Flußläufe von Geislar bis Mündung (47) — Rh. Tiefeb.: Nierseb. (1).

a. **vicinus** Aubé. — Sieg: Tü. bei Wolsdorf (1) — *Stehend. Wass. d. Eb.* III—VIII, Jungkäfer VII.

12. **dorsalis** F. — Eifel: Kottenforst b. Godesberg a. Rh. (1) — Rh. Tiefeb.: Burg Rheydt (4) — *Bäche der Eb.* III, IV, VII.

13. **erytrocephalus** L. — Eifel: Tü. bei Bornheim nw. v. Bonn — Tü. Kottenforst sw. v. Bonn (4) — Berg. L.: Moorweiher sö. u.

Tü. ö. v. Stallberg b. Siegb. — Tü. sö. v. Franzhäuschen b. Siegb. — Moorweiher nw. v. Rothenbach (9) — Sieg: Tü. v. Siegb. bis z. Mündung (19) — *Tü. d. Eb. u. d. Geb.* III—IX.

14. **rufifrons** Dft. — Rh. Tiefeb.: Niersebene (1) — *Tü. d. Eb.* III.

16. **angustatus** Strm. — Sieg: Tü. w. v. Bergheimer Fähre (2) vid. Everts. — *Tü. d. Eb.* (*u. d. Geb.*) V, VII.

17. **palustris** L. mit ab. **lituratus** Pz. nov. f. ab. — Eifel: Ulmer Wiese (8) — Hunsr.: Senfbach-Soonwald (2) — Sieg: Tü. v. Geislar bis z. Mündung (c. 100) — Rh. Tiefeb.: Burg Rheydt — Angermünd b. Düsseldorf (4) — *Steh. Wasser d. Eb. u. d. Geb.* IV—X.

18 bis. **incognitus** Sharp. nov. f. sp. — Eifel: Tü. b. Bodendorf an d. Ahr (1) — Berg. L.: Abfluß der Q. nw. v. Franzhäuschen bei Siegburg (1) det. Everts — *In Tü. d. Eb. u. d. Geb.* mit **palustris** V, VI.

20. **tristis** Pk. Eifel: Venn Tü. b. Lammersdorf (2) — Sieg: Stallberg n. v. Siegburg (5) — Rh. Tiefeb.: M.-Gladb. (2) det. Everts. — *Sumpfige Tü. d. Geb. u. d. Eb.* IV—VIII.

21. **umbrosus** Gyll. — Eifel: Venntü. b. Lammersdorf — Urft w. v. Schmidtheim — Kottenforst sw. v. Bonn (3) — Berg. L.: Verschied. Tü. b. Stallberg b. Siegb. (8) — *Tü. d. Geb. u. d. Eb.* IV—VII.

22. **piceus** Steph. — Eifel: Tü b. Iterbach w. v. Raeren im H. Venn (1) — Berg. L.: Gut zur Mühlen b. Siegb. (1) — *Tü. d. Eb. u. in allen Höhenlagen d. Geb.* IV—VII.

24. **obscurus** Strm. — Eifel: S.-Bach der Rur b. Kalterherberg i. H. Venn (1) *Bä. d. Geb.* (*u. d. Eb*) VII.

25. **marginatus** Dft. — Eifel: Tü. b. Bodendorf i. Ahrtal (1) *Im Geb. u. Gebtälern.* Jungkäfer VI

26. **planus** F. — Eifel; Dreiläger bach ö. v. Röttgen i. H. Venn (1) — Rh. Tiefeb.: Burg Rheyd (1) — *Sumpf. Bä. und Tü. d. Geb. u Eb* IV, VII.

27. **pubescens** Gyll. — Eifel; Q. auf d. Botranche i. H. Venn (3) — Q.-Bach osw. v. Bettenfeld w. v. Mosenberg — L. S.-Bach d. Kl. Kill nw. v. Manderscheid (3) — Hunsr.: Kenn nö. v. Trier — Trarkopf — Lametbach sw. v. Glashütte bei Stromberg i. Soonwald (3) det. Everts. — Teutob. W.: Schloß Holte sö. v. Bielefeld (1) — Rh. Tiefeb.: Burg Rheydt a. d Niers (1) — *Humusr. Tü. u. Bä. d. Eb. u. d Geb.* IV, VI, VIII — Rostrote Jungkäfer IV und VIII. Demnach scheinen verspätete Puppen zu überwintern.

28. **discretus** Fairm. — Eifel: Mittlere Q. d. Urft — Schalkenmehrener Bach (2) — Taunus: Bach v. Lorchhsn. a. Rh. (3) — Rhön: Milseburg (1) vid. Everts. — *Gebbä bis zur Q.* II, VI—X.

29. **nigrita** F. Eifel: Niederbachem sw. v. Mehlem a. Rhein (1) Hunsr.: L. S.-Q. d. Ruwer w. v. Teufelskopf — Q. des Kanten-

baches a. d. Halsterhöhe ssw. v. Trarbach — Hinterbach ö. v. Hardtkopf s. v. Bernkastel — Sehalesbach s. v. Morbach i. Idarw. — Lametbach sw. v. Glashütte b. Stromberg i. Soonw. — Gräfenbach oberh. Wallhsn. i. Soonw. — Taunus: Hasenbach ö. v. Holzhsn. a. d. Heide nw. v. Langenschwalbach — Krummer Bach ösö. v. St. Goarshsn. — Feuerbach nö. v. St. Goarshsn. — Wörsbach b. Idstein — Usa b. Usingen (6) — Teutob. W.: Schloß Holte sö. v. Bielefeld (2) — Rh. Tiefeb.: Kalkar (1) — *Gebbä. bis zu den Q. u. i. d. Eb.* III—IX, Jungkäfer IV.

29 bis. **longulus** Muls. nov. f. spec. — Hunsr.: R. S.-Bach d. Kl. Dhron i. Trittenheimer Wald 16. 9. 04 (1) det. Everts. Nicht in Reitters Fauna Germanica. Die Beschreibung v. Ganglbauer und Stücke aus den Pyrenäen, Samml. Bruck, entsprechen d. vorlieg. Tier.

30. **memnonius** Nic. — Berg. L.: Gut zur Mühlen b. Siegb. (1) vid. Everts. — Bach s. v. Kröhlenbroich (1).

var. ♀ **castaneus** Aubé. — Pfalz: Donnersberg (1) vid. Everts. — *Bä. d. Eb. u. d. Geb. bis hinauf zu d. Q.* III—VI.

31. **melanarius** Strm. — Berg. L.: Ba. am Gut zur Mühlen bei Siegb. — Ba. nw. v. Lentersberg nö. v. Siegb. — Wasserbach im Königsforst — Ba. b. Neviges (4) — *Humusr. Bä. d. Geb. (u. d. Eb.)* III—VII. Jungkäfer VII.

32. **ferrugineus** Steph. — Siebengeb.: versch. Q.-Bä. (3) — Berg. L.: Q. b. Siegb. — versch. Bä. i. Königsforst (10) — Sauerl.: Q. d. Hönne (1) — Teutob. W.: Hillentrup (1) — Rh. Tiefeb.: Böttcherbach b. Oberhsn. (1) — *In Wald u. Gebbä. unter Steinen* II—X. Jungkäfer IX.

Noterus Clairv.

1. **crassicornis** Müll. — Eifel: Wanzenboden n. v. Mosenberg (4) — Berg. L.: versch. Tü. b. Siegb. (23) — Sieg: Tü. u. Flußarme (14) — Rh. Tiefeb.: Nierskuhl — Angermünd b. Düsseldorf (3) — *Tü. u. Bä. d. Fb. u. d. Geb.* III—X. Jungkäfer VIII—X. Nach Bluncks Syllabus Jungkäfer ab IV, demnach zwei Generationen im Jahr mögl., da die Larve in 4—6 Monaten erwachsen ist!

Laccophilus Leach.

1. **obsurus** Pz. — Eifel: Witterschlick sw. v. Bonn (1) — Sieg: Tü. d. Mündung (7) — *Steh. Wasser d. Eb.* III—VIII, Jungk. VII, VIII.

2. **hyalinus** Deg. (virescens Brahm) — Berg. L.: Tü. ö. v. Gut zur Mühlen b. Siegb. (1) — Sieg: Tü. d. Mündung (18) — Rh. Tiefeb.: Nierskuhl (1) — *Steh. Wasser d. Eb. u. d. ausstreichenden Geb.)* III—VIII.

Agabus Leach.

1. **didymus** Ol. — **Sieg:** Flußarm b. Wolsdorf (2) — **Rh. Tiefeb.:** Angermünd b. Düsseldorf (1) — *Steh. Wass. i. d. Eb.* (*u. i. Geb.*) IV.

2. **guttatus** Pk. — **Eifel:** neun Q.-Bä. u. Sickerq., z. T. i. H. Venn (12) — **Hunsr.:** neunzehn Q.-Bä. u. a. am Idarkopf (25) — **Pfalz:** Donnersberg (1) — **Taunus:** Bach w. v. Klein-Hahn sö. v. Kaub — Hasenbach ö. v. Holzhsn. a. d. Heide nw. v. Langenschwalbach usw. (7) — **Westerw.:** Q. d. Siebengeb. (9) — **Berg. L.:** Q. nw. Franzhäuschen b. Siegb. — Q.-Bä. i. Königsforst (11) — **Sauerl.:** Littfelderbach nw. v. Hilgenbach i. Rothaargeb. (1) — Wipper b. Börlinghsn. (2) — Holthauserbach sw. v. Hohenlimburg (1) **Rhön:** a. d. Milseburg (1) — **Thüringer W.:** b. Rurhla (1) — *Gebbä. bis z. d. Q.* unter Steinen (*u. b. Düsseldorf*) III—X, Jungkäfer VIII—X.

4. **melanarius** Aubé — **Eifel:** Kl. Tü. am Iterbach sw. v. Raeren i. H. Venn (1) VII.

5. **bipustulatus** L. — **Eifel:** Watü. b. Neuhaus sö. v. Aachen — Watü. b. Iterbach w. v. Raeren — Venntü. b. Fringshaus sö. v. Röttgen — Moorgraben i. d Botranche i. H Venn — Alfbach ö. v. Schalkenmehren — Watü. i. Kottenforst sw. v. Bonn (10) — **Hunsr.:** Q. w. v. Deuselsbach i. Hochw. — Bach w. v. Retzenkopf n v. Züsch — Weiher ö. v. Oltzenhausen (5) — **Berg. L.:** Tü. sw. u. sö. v. Gut zur Mühlen b. Siegb. (5) — **Sieg:** Tü. ö. v. Meindorf u. sö. v. Bergheim (2) — *Sumpf. Tü. u. Bä. d. Eb. u. d. Geb.* IV—VIII, Jungkäfer VI—VIII.

7. bis **Erichsoni** Gemm. nov. f. spec. — **Eifel:** Tü. i. Wald am Bahnhof Kottenforst sw. v. Bonn (1) vid. Everts, VIII

8. **chalconatus** Pz. **Eifel:** Hohe Acht — Mittl. Q. d. Urft (2) — **Berg. L.:** Q. d. Senfbaches i. Königsforst (1) — **Rh. Tiefeb:** M.-Gladbach (3) — *Bä. d. Eb. u. d. Geb.* IV—VIII.

9. **paludosus** F. — **Eifel:** Adenauer Ba. s. v. Adenau — Ba. unterh. d. Ulmer Maares — Schalkenmehren — Q. ö. v. Mosenberg — Brembach sw. v. Manderscheid (6) — *In klaren Bä. d. Geb.* (*u. d. Eb.*) IV—X, Jungkäfer IX.

12. **affinis** Pk. — **Eifel:** Venntü. b. Lammersdorf i. H. Venn (1) **Berg. L.:** Tü. nw. v. Gut zur Mühlen bei Siegb. (1) — *Tü. d. Eb. u. d. Geb.* V, VII.

14. **Sturmi** Gyll. — **Berg. L.:** Tü. ö. v. Stallberg nö. v. Siegburg (3) — **Sieg:** Tü. b. Wolsdorf, Meindorf u. Bergheim (9) — *Tü. d. Eb. u. d. ausstreichenden Geb.* V—IX.

15. **undulatus** Schrk. — **Eifel:** Kottenforst sw. v. Bonn (3) — **Sieg:** Tü. b. Wolsdorf u. Bergheim (4) — *Tü. d. Eb. u. d. ausstreichenden Geb.* III—VIII.

ab. **interruptus** Schils. nov. f. ab. — **Sieg:** Tü. w. v. Bergh. (1).

Platambus Thoms.

1. **maculatus** L. — Eifel: Tü. am Eschbach w. v. Röttgen — Katzenloch b. Witterschlick sw. v. Bonn (2).

ab. inaequalis Pz. nov. f. ab. — Eifel: Bach s. v. Adenau — Ba. oberh. d. Ulmer Maares (2) — Hunsr.: Q. nw. v. Lanzenhsn. i. Soonw. (1) — *Tü. u. Bä. d. Eb. u. d. Geb.* VII, VIII.

Ilybius Er.

1. **fenestratus** F. — Berg. L.: Tü. n. v. Stallberg b. Siegb. (1) — Sieg: Tü. d. Mündung (13) — *Tü. d. Eb. u. d. Geb.* III—VIII.

2. **fuliginosus** F. — Eifel: Kottenforst sw. v. Bonn — Bodendorf a. d. Ahr — Alfbach b. Schalkenmehren (4) — Berg. L.: Versch. Tü. (7) — Sieg: Tü. im Mündungsgeb. (9) — *Tü. d. Eb. u. d. Geb.* VI—X.

4. **ater** Deg. — Eifel: Kottenforst sw. v. Bonn (1) — *Tü. d. Eb. u. d. ausstreichenden Geb.* VIII.

5. **obscurus** Mrsh. — Sieg: Niedermenden (1) — *Tü. d. Eb.* V.

8. **aenescens** Thoms. — Eifel: Tü. am Bahnhof Kottenforst sw. v. Bonn — Tü. i. Q.-Geb. der Weser sö. Fringshaus i. H. Venn (2) — Berg. L.: Tü a. Gut z. Mühlen b. Siegb. — Tü. sw. v. Rothenbach b. Siegb. — Moorweiher sö. v. Stallberg b. Siegb. (5) — *Moortü. d. Eb. u. d. Geb.* IV, VII—IX, XI. Röttgen betrachtet S. 6 diese Art als ein bezeichnendes Vorkommen der niederrhein. Tiefebene. Sie findet sich also, wenigstens ausnahmsweise, auch im Moor der Gebirge.

Rhantus Lac.

2. **punctatus** Geoffr. — Sieg: Tü. a. d. Mündung (4) — Rh. Tiefeb.: M.-Gladbach (1) — *Tü. d. Eb.* (*u. Gebtäler*) IV, VIII, XII.

5. **adspersus** F. ab. **maculicollis** D. Tor. nov. f. ab. — Rh. Tiefeb.: Burg Rheydt (1) — *Sumpf. Gräb. d. Eb.* IV.

7. **exoletus** Forst ab. **insolatus** Aubé. nov. f. ab. — Sieg: Tü. b. Wolsdorf (1).

7. bis. **latitans** Sharp. **nov. ab. insolatus** — Berg. L.: Tü. n. v. Siegb. (1) — Sieg: Tü. d. Mündung — Tü. w. v. Bergheim (5) — Rh. Tiefeb.: Rheinarm b. Heerdt — Ba. i. Graben b. Angermünd (3) — *Sumpf. Wass. d. Eb.* IV—VIII, XI. — Nach L. Benick in Ent. Blätter 1910 ist **latitans** eine gute Art. Unter anderen Merkmalen, wie der bekannte Unterschied in Ausbildung der Krallen, zeigen die Vorder- und Mitteltarsen konstant 6+8+8+6 Saugnäpfchen, **exoletus** 4+6+6+4. Für die Weibchen ist noch kein durchschlagendes Merkmal gefunden. Da von Voigt keine mit dem **exoletus**-Männchen, wohl aber z. T. mit dem **latitans**-Männchen gefunden sind, stellte ich sie zu dieser Art. — Alle zeigen den schwarzen Saum in der Mitte der Halsschildbasis, wie er bei ab.

insolatus Aubé der vorigen Art vorkommt. Für diese neu zu benennende Aberratio habe ich den alten Namen beibehalten.

Colymbetes Clair.

1. **fuscus** L. — Eifel: Wanzenboden n. v. Mosenberg (1) — Sieg: Tü. s. v. Wolsdorf u. w. v. Bergheim (4) — Rh. Tiefeb. Berzdorf b. Brühl (1) — *Tü. d. Eb. u. d. Geb.* V. VIII, X, XI.

Hydaticus Leach.

3. **transversalis** Pont. — Sieg: Tü. ö. Wolsdorf u. sö. v. Bergheim (6).

ab. **degeneratus** Westh., nov. f. ab. — Sieg: Tü. sö. v. Bergheim (1). — *Steh. Wass. d. Eb.* III—VIII.

Acilius Leach.

1. **sulcatus** L. — Hunsr.: Tü. b. Kreuznach (4) — Sieg: Tü. a. d. Mündung (31) — Rh. Tiefeb.: M.-Gladbach (1) — *Tü. d. Eb. u. d. Täler.* IV, VII.

Dytiscus L.

2. **marginalis** L. — Sieg: Flußarm b. Bergheim (2) — *Tü. u. Weiher d. Eb.* VIII.

Gyrinidae.

Gyrinus Geoffr.

3. **distinctus** Aubé. — Sieg: Flußarm b. Bergheim (1) — *Tü. d. Eb.* VIII.

4. **natator** L. — Berg. L.: Braunsberg nö. v. Asselborn (1) — Sieg: *Flußarme u. Tü.* (15).

ab. **substriatus** Steph. — Sieg: Tü. b. Bergheim mit d. Stammform (1) — *Steh. Wass. d. Eb. u, d. ausstreich. Geb.* IV—X.

5. **Suffriani** Scriba — Sieg: Tü. an der Bergheimer Fähre (1) vid. Everts. III. Bisher im Rheinland nur v. Elberfeld bekannt, ist eine seltene, aber nicht boreale Art, wie Röttgen S. 7 meint.

6. **marinus** Gyll. — Berg. L.: Tü. ö. v. Stallberg b. Siegb. (1) — Sieg: Flußarme u. Tü. d. Mündungsgeb. (36) — *Steh. Wass. d. Eb. u. d. ausstreich. Geb.* IV—IX.

Orechtochilus Lac.

1. **villosus** Müll. — Berg. L.: Q. d. Wahnbaches b. Seligental b. Siegb. (1) — *Raschfließ. Bä. d. Geb.* (*u. d. Eb.*) IX.

Staphylinidae.

Lesteva Latr.

1. **pubescens** Mnnh. — Eifel: An 20 Qbä. u. Sickerq. (32) — Hunsr.: ebendort (21) — Taunus: Feldberg (2) — Berg. L.: Kurtenwaldbach i. Königsforst — Unterbach b. Hilden (2) — Sauerl.:

Q. a. Steinberg b. Silbach nw. v. Winterberg (2) — Teutob. W.: Silbertal b. Veldrom (3) — Hess. Bergl.: Hohe Meißner (1) — Thür. W.: Friedrichroda — Nebenfluß d. Spitter b. Tambach (2) — *An schatt. Wabä. v. d. Q. bis z. Eb.* VI—XI, Jungkäfer VIII.

2. **longelytrata** Goeze — Eifel: An 17 Qbä. (26) — Hunsr.: An 9 Qbä. (32) — Pfalz: 2 Bä (5) — Taunus: Feldberg (3) — Westerw.: Im Siebengeb. (4) — Berg. L.: Bä. oberh. Siegb. (17) — Sauerl.: Hohenlimburg (2) — Teutob. W.: (1) — *An humusr. Bä. d. Eb. bis ins Geb. hinauf.* IV—X.

4. **punctata** Er. — Eifel: Herschbroich sö. v. Adenau (1) — Siebengeb.: (1) — Berg. L.: L. Q. d. Eschbaches i. Königsforst (1) — *An humusr. Bä. d. Geb.* (*u. d. Eb.*) IX, X.

Syntomium Curt.

1. **aeneum** Müll. — Eifel: Röttgen i. H. Venn (1) — *Wabä. d. Geb.* (*u. d. Eb.*) VII.

Dianous Sam.

1. **coerulescens** Gyll. — Eifel: Q. a. Kirschtal nö. v. Adenau — Herschbroich sö. v. Adenau — Q. a. d. Heidsmühle w. v. Manderscheid — Q. a. d. Ueß nw. v. Bertrich (5) — Hunsr.: sw. von Waldrach ö. v. Trier — R. S.-Q. d. kl. Dhron n. v. Trittenheimer Wald — Qbach w. v. Bacharach a. Rh. (3) — Taunus: (2) — Sauerl.: Bach s. v. Holthsn. b. Hohenlimburg (1) — Rhön: Milseburg (1) — *Humusr. Bä. d. Geb.* (*u. d. Eb.*) IV, VII—X.

Tachinus Grav.

2. **proximus** Krtz. — Pfalz: Am Donnersberg (1) — *An Bä. d. Geb.* (*u. d Eb.*) VI.

Ocalea Er.

1. **badia** Er. — Rhön: Milseburg (1) det. Everts. — *An Bä. d. Geb.* (*u. d. Eb.*) IX.

3 bis. **rivularis** Mill., nov. f. spec. — Berg. L.: Q. ö. v. Rothenbach nö. v. Siegburg (1) det. Everts. — *An Bä. d. ausstreich. Geb.* (*u. d. Eb.*) V.

Hydrophilidae.

Helophorus F.

4. **aquaticus** L. — Eifel: sw. u. osö. v. d. Nürburg — Atzbach b. Kempenich — Wiesenq. ö. v. Schalkenmehren (7) — Pfalz: Am Donnersberg (1) — Sieg: Tü. sw. v. Bergheim (2) — Rh. Tiefeb.: Kalkar (1) — *Humusr. Bä. d. Eb. u d. Geb* IV—VIII.

6. **brevipalpis** Bed. — Eifel: Trierbach sö. v. Kellberg — sw. v. Gemündener Maar (2) — Sieg: Tü. b. Wolsdorf (1) — *Vorkommen mit vorigem* VII—X.

8. **griseus** Hbst. — Rh. Tiefeb.: M.-Gladbach (1) — *An Tü. u. Bä. d. Eb.* IV, VIII.

9. **granularis** L. — Eifel: Am Mosenberg u. versch. Maaren (17) — Hunsr.: Am Lametbach sw. v. Glashütte b. Stromberg (5) — Taunus: Usa bei Usingen (1) — Sieg: Tü. s. v. Bergheim (1) — *Tü. u. Bä. (d. Eb. u.) d. Geb.* V—VIII.

10. **viridicollis** Steph. — Eifel: verbr. bis hinauf z. Hohen Acht (35) — Hunsr.: 12 Fundorte bis hinauf zum Erbeskopf (12) — Siebengeb.: Rhöndorferbach (1) — Giesbach ö. v. Bensberg (2) — Sieg: Tü. d. Mündung (7) — *Sumpf. Bä. d. Eb. u. d. Geb.* III—X.

10 bis **Championi** Sharp. nov. f. spec. — Hunsr.: Lametbach sw. v. Glashütte b. Stromberg (1) vid. Everts. — *An Bä. d. Geb. (u. d. Eb.)* VIII.

10ter. **fulgidicollis** Motsch. (dorsalis Mrsh.) nov. f. spec. — Hunsr. Q. b. Morbach (1) det. Everts. — *(Brackwass. d. holl. Küste u.) an Bä. i. Geb.*

10 quater. **asperatus** Rey (1885, nicht syn. m. crenatus Rey 1884) nov. f. spec. — Sieg: Tü. a. Gut z Mühlen b. Siegb. (1) vid. Everts. *(An Brackwass. d. holl. Küste u.) an Bä. d. Eb.* V.

Hydrochus Leach.

1. **elongatus** Schall. — Berg. L.: Tü. nö. v. Siegb. (2) — *Pflanzenreiche Tü. d. Eb. (u. d. Geb.)* V, VI.

2. **carinatus** Grm. — Eifel: Tü. i. Kottenforst sw. v. Bonn (1) — Berg. L.: Tü. ö. u. Moorweiher sö. v. Siegb. — Tü. ö. Gut z. Mühlen b. Siegb. usw. (26) — Sieg: Tü. ö. v. Meindorf (4) — *In pflanzenr. Tü. d. Eb. u. d. ausstreich. Geb.* IV—VIII.

3. **brevis** Hbst. — Sieg: Tü. ö. v. Stallberg b. Siegb. (1) mit d. vorigen V.

4. **angustatus** Grm. — Hunsr.: w. v. Schillingen i. Hochwald — Lametbach sw. v. Glashütte b. Stromberg (3) — Sieg: Tü. n. u. ö. v. Meindorf (2) — *Tü. d. Eb. u. d. Geb.* VI—IX.

Ochthebius Leach.

1. **exsculptus** Grm. — Eifel: Alfbach b. Strohn (2 Weib. und 1 schwarz. Mä., tristis Curtis) — *(Bä. d. Eb. u.) d. Geb.* X.

Hydraena Kugel.

3. **riparia** Kugel. — Eifel: 16 Qbä. bis hinauf z. Hohen Acht (20) — Hunsr.: 6 Qbä. (13) — Taunus: Usa b. Usingen (1) — Berg. L.: Ba. a. d. Schrecksmühle b. Siegb. — Q. d. Flehbaches i. Königsforst (4) — Sauerl.: Meinertshagen b. Gummersbach (1) — Teutob. W.: Silbertal b. Veldrom s. v. Detmold (1) — Q. sö. von Schloß Holte, nö. v. Bielefeld (2) — Rhön: Milseburg (1) — Sieg: Tü. b. Wolsdorf (2) — *Bä. d. Geb. u. d. Eb.* IV—X, Jungkäfer VIII, IX.

4. **nigrita** Grm. — Eifel: In 19 Qbä., u a. an der Hohen Acht (25) — Hunsr.: In 17 Qbä. bis auf das Hochplateau (23) — Pfalz: Am Donnersberg (1) — Taunus: Krummer Ba. osö. v. St. Goarshausen. — Feuerbach nö. v. St. Goarshsn. — Wörbach s. v. Idstein (6) — Berg. L.: Ba. b. Neviges (1) — Sauerl.: Im Grotenbach b. Gummersbach (1) — Hess. L.: Hoher Meißner (1) *Qbä. d. Geb.* (*u. Bä. d. Eb.*) III—XI, Jungkäfer VIII—X.

6. **gracilis** Grm. mit ab. **obscuripes** Gerh., nov. f. ab — Eifel: 19 Qb. (27) — Hunsr.: 12 Qbä. bis hinauf zum Erbeskopf (18) — Taunus: Feuerbach b. St Goarshsn. — Usa b. Usingen — Wörsbach s. v. Idstein — Feldberg (9) — Berg. L.: Ba. sw. v. Kapelle i. Kaldauen b. Siegburg — Holzbach i. Königsforst — Velbert (3) — Sauerl.: Grotenbach b. Gummersbach (1) — Habichtswald: (1) — Hess. Bergl.: Hoher Meißner (1) — Rhön: Milseburg (1) — Thür. W.: Inselsberg — Nebenfluß d. Spitter b. Tambach (2) — *In Bä. d. Geb. bis zu d. Q.* (*u. i d. Eb.*) III—XI, Jungkäfer VII—X.

9. **pygmaea** Waterh. — Eifel: Engelbach s. v. Bonn — Brohl a. Rh. (2) — Hunsr.: Q. b. Morbach — Eiweiler Hochw. — Q. w. v. Bacharach a. Rh. (3) — *In Bä. d. Geb. bis zu d. Q.* III, VI—X, Jnngkäfer VII.

Berosus Leach.

2. **luridus** L. — Eifel: Kottenforst sw. v. Bonn (6) — Berg L.: Moorweiher ö. u. Tü. sö. v. Stallberg b. Siegb. (2) — Sieg: Tü. b. Meindorf (2) — *Tü. d. Eb. u. ausstreich. Geb.* IV—VIII.

Hydrophilus Deg.

1. **caraboides** L. — Hunsr.. Quellgebiet des Gräfenbaches im Soonw. (1) — Sieg: Tü. sö. d. Bergheimer Fähre und an d. Fähre im Fluß (4) — *In Tü. d. Eb. u. d. Geb.* III, V, VIII.

Hydrobius Leach

1. **fuscipes** L. — Eifel: Aachen, Hohe Acht, Schalkenmehrener Maar usw. (14) — Hunsr.: Sohrbach nw. v. Sohren — Bach sö. v. Kappel — Bach w. v. Bacherach a. Rh. (4) — Taunus: Krummer Bach osö. v. St. Goarshsn. (1) — Westerw.: i. Siebengeb. (1) — Berg. L.: Tü. sö. v. Gut zur Mühlen — Tü. wnw. v. Franzhäuschen b. Siegb. — Tü. b. Lentersberg — Tü. b. Bornheim (11) — Teutob. W.: Q. sö. v. Schloß Holte bei Bielefeld (1) — Sieg: Tü. nö. v. Wolsdorf u. sö. v. Bergheim (2) — Rh. Tiefeb.: Niersquelle — Rheinarm b. Heerdt — M.-Gladbach (4).

ab. **chalconatus** Steph. — Rh. Tiefeb.: M.-Gladbach (1) — *In Tü. u. Bä. d. Eb. u. d. Geb.* III—IX.

Anacaena Thoms.

1. **globulus** Pk. — Eifel: 93 Sickerq. in allen Höhenlagen (169) — Hunsr.: 43 Fundplätze (81) — Pfalz: Larenziberg b. Bingen

(2) — Taunus: mehr. Bä. (9) — Westerw.: im Siebengeb. (11) — Berg. L.: zahlr. Fundorte bes. i. Königsforst (49) — Sauerl.: Winterberg u. Rothaargeb. (12) — Vogelsberg: (1) — Rhön: Inselsberg u. Gr. Berberg (6) — Rh. Tiefeb: Angermünd b. Düsseld. (1) — Sieg: Tü. von d. Mündung bis Geislar (66) — *Humusr. Bä. und Sickerq. bes. d. Geb.* III—X, Jungkäfer VIII—X.

2. **limbata** F. mit ab. **ochracea** Steph.: Eifel: 51 Fundorte bis z. d. höchsten Höhen (94) — Hunsr.: 25 Plätze (44) — Taunus: 6 Wabä. (16) — Westerw. u. Siebengeb.: (15) — Sauerl.: Rothaargeb. u. Winterberg (2) — Vogelsberg: (1) — Rhön: Milseburg (5) — Rh. Tiefeb.: Burg Rheydt — Angermünd (6) — Sieg: Tü. d. Mündung (8) — *Humusr. Bachufer u. Sickerq. d. Geb. u. Bä. d. Eb.* III—X, Jungkäfer VIII—X.

3. **bipustulata** Mrsh. — Eifel: Arloffberg — Schalkenmehren (2) — Hunsr.: Tiefenbach (1) — Thür. W.: Naumburg a. S. (1) — Sieg: Meindorf (2) — *Mit d. vorigen i. d. Eb. u. i. Geb.* IV—X, Jungkäfer X.

Crenitis Bed.

1. **punctatostriata** Letz. — Hunsr.: Tümpelbucht des Fischbaches oberhalb Schauren sw. v. Idarkopf (2).

Philhydrus Sol.

1. **minutus** F. — Berg. L.: Tü. ö. Stallberg (1) — Sieg: Tü. b. Meindorf — Tü. w. v. Bergheimer Fähre (3) — *Tü. u. Bä. d. Eb. u. d. ausstreich.* Geb. V, VI.

2. **coarctatus** Gredl. — Eifel: Q. n. v. Schalkenmehrener Maar u. a. Maar (2) — *Bä. d. Geb. (u. d. Eb.)* VIII—IX.

3. **frontalis** Gredl. — Eifel: Wanzenboden n. v. Mosenberg (1) — Berg. L.: Tü. ö. v. Stallberg (3) — Tü. a. Franzhäuschen bei Siegb. (4) — Rh. Tiefeb.: Kalkar (2) — *Tü. u. Bä. d. Eb. u. d. Geb.* IV, VI, Jungkäfer X.

3 bis. **fuscipennis** Thoms., nov. f. spec. — Rh. Tiefeb.; Kalkar (1) — vid. Everts — *Tü. d. Eb.* IV.

4. **quadripunctatus** Hbst. — Rh. Tiefeb.: — M.-Gladbach (1) det. Everts. — In Rheinl. und Holl. keine gemeine Art (s. Reitter F. Germ.) — *Steh. Wass.* IV.

5. **testaceus** F. — Hunsr.: Senfbach i. Soonwald (1) — Berg. L.: Tü. ö. v. Gut z. Mühlen b. Siegb. (2) — Teutob. W.: An d. Sägemühle nö. v. Schloß Holte nö. v. Bielefeld (2) — *Tü. u. Bä. (d. Eb. u.) d. Geb.* IV—VIII.

Helochares Muls.

1. **lividus** Forst. — Eifel: Schalkenmehrener Maar (1) — Berg. L.: Tü. nw. v. Rothenbach b. Siegb. — Tü. ö. v. Stallberg — Tü.

n. v. Gut z. Mühlen b. Siegb. (4) — Sieg: Tü. b. Meindorf (2) — *Tü. u. Bä. d. Eb. u. d. Geb.* V—VIII.

2. **griseus** F. — Eifel: Venntü. b. Fringshaus sö. v. Röttgen (1) — Sieg: Tü. v. Geislar bis z. Mündung (21) — Rh. Tiefeb.: M. Gladbach (2) — *Tü. d. Eb. u. d. Geb.* IV—VIII.

Lacoobius Er.

4. **scutellaris** Motsch. — Eifel: L. S.-Bach d. kl. Kill nw. v. Manderscheid — Bach d. Johannistales ö. v. Mosenberg — Ba. w. v. Mosenberg — Horngraben a. Mosenberg (5) — Hunsr.: s. v. König b. Bullay — Q. a. Tiefenbach ö. v. Bernkastel — Q. n. v. Neumagen — Q. n. v. Talfang — Q. w. u. sw. v. Erbeskopf — Ba. n. v. Schillingen (10) — *Qbä d. Geb, (u. Bä. d. Eb.)* IV, VIII—X.

5. **alutaceus** Thoms. — Eifel: Ba. n. v. d. Nürburg — L. S.-Q. d. Meerbaches nw. v. Manderscheid — Q. s. v. Bettenfeld wnw. v. Mosenberg (3) — Hunsr.: Q.-Gebiet d. Kantenbaches osö. v. Trarbach (4) — Taunus: Feuerbach n. v. St. Goarshsn. — Q. s. v. Idstein (2) — Rhön: Milseburg (1) — Berg. L.: Bach a. d. Schrecksmühle n. v. Siegb. (2) — Sieg: Tü. u. Siegarm b. Wolsdorf (4) — *Humusreiche Wass. d. Eb. u. d. Geb.* III—X.

Chaetarthria Steph.

1. **seminulum** Hbst. — Eifel: Alfbach (1) — Hunsr.: Eiweiler sö. v. Castel i. Hochwald (2) — Berg. L.: Ba. nw. v. Franzhäuschen b. Siegb. (1) — *Tü. u. Bä. d. Eb. u. d. Geb.* V, VI—X.

Limnebius Leach.

1. **truncatellus** Thunb. — Eifel: 32 Qbä. (54) — Hunsr.: 17 Qbä. bis auf d. Hochplateau (23) — Taunus: Usa b. Usingen — Hasenbach ö. v. Holzhsn. a. d. Heide (3) — Westerw.: Q. d. Rhöndorferbaches (1) — Berg. L.: Ba. a. d. Schrecksmühle b. Siegb. — Q. d. Sellbaches i. Königsforst — Ba. nö. v. Neviges (6) — Sauerl.: Orke Hochebene d. Winterberges (1) — Vogelsberg: (1) — Sieg: Ba. b. Niederbachem (1) — *Bä. d. Geb. u. d. Eb.* III—XI, Jungkäfer VII, auch IX.

2. **papposus** Muls. — Hunsr.: Q. d. gr. Dhron nö. v Hinzerath (1) — Sieg: Tü. ö. v. Meindorf (1) — *Tü. d. Eb. u. Qbä. d. Geb.* VI, IX.

3. **crinifer** Rey. — Eifel: Heidsmühle sw. v. Manderscheid — Q. n. v. d. Nürburg — Johannistal w. v. Mosenberg (3) — Hunsr.: Eiweiler sö. v. Castel i. Hochwald (1) vid. Everts — Taunus: Wörsbach b. Idstein (1) — Sauerl.: Olpe (1) — Vogelsberg: (1) — Thür.: s. v. Naumburg a. Sa. (2) — Rh. Tiefeb.: Kalkar (1) — *Tü. u. Wabä. d. Eb. u. d. Geb.* VIII, IX.

4. **nitidus** Mrsh. — Eifel: Alfbach b. Strohn (2) vid. Everts. — *Bä. d. Geb. (u. d. Eb.)* X.

Coelostoma Brull.

1. **orbiculare** F. — Eifel: ö. v. Försterei Hohe Acht — Schalkenmehrener Ba. — sö. v. d. Heidemühle w. v. Manderscheid — Brembach s. v. Mosenberg (4) — Hunsr.: Q. b. Morbach (1) — Berg. L.: Tü. n. v. Stallberg b. Siegb. (3) — *Humusr. Bä. (d. Eb. u.) d. Geb.* IV, VII—IX.

Helodidae.

Hydrocyphon Redtb.

1. **deflexicollis** Ill. — Hunsr.: Gräfenbach i. Soonwald (3) — *An Bä. (d. Eb. u.) d. Geb.* VIII.

Dryopidae.

Dryops Ol.

3. **auriculatus** Geoffr. — Rh. Tiefeb.: Angermünd b. Düsseld. (1) det. Everts. Die Art ist hier im Westen nicht häufig. *An Bä. d. Eb. (u. d. Geb)* IV.

4. **luridus** Er. — Eifel: a. Abtei Reichenstein — sw. v. Forsthaus Hochacht — Brembach s. v. Mosenberg (7) — Hunsr.: 8 humusr. Bä. (9) — Sieg: Ba. bei Gut z. Mühlen (3) omn. vid. Everts — *Bä. d. Geb. (u. d. Eb.)* IV—X.

Helichus Er.

1. **substriatus** Müll. — Hunsr.: Q. d. kl. Dhron i. Trittenheimer Wald (1) — *Bä. d. Geb. (u. d. Eb.)* IX.

Stenelmis Duf.

1. **canaliculata** Gyll. — Sieg: An d. Pumpenwerk b. Wolsdorf unter Steinen in schwacher Strömung (2) — In Deutschland nur i. Westen, VI.

Limnius Müll.

1. **tuberculatus** Müll. — Eifel: Qgebiet d. Urft (2) — Hunsr.: Q. d. kl. Dhron i. Trittenheimer Wald (2) — Berg. L.: Bach sw. d. Kapelle i. Kaldauen b. Siegb. (2) — *Bä. d. Geb. (u. d. Eb.)* VI, IX, Jungkäfer VI.

Esolus Muls.

1. **angustatus** Müll. — Eifel: 27 Qbä., u. a. an der Hohen Acht u. i. H. Venn (ca. 100) — Hunsr.: 9 Qbä., darunter a. Erbeskopf (18) — Pfalz: Am Donnersberg (3) — Taunus: Hasenbach ö. v. Holzhsn a. d. Heide nw. v. Langenschwalbach — Usa b. Usingen (9) — Sauerl.: Grotenbach b. Gummersbach (2) — *Gebbä. bis z. d. Q. hinauf* III—X. Jungkäfer III—V.

2. **parallelepipedus** Müll. — Eifel: Q. a. d. Nürburg — Lieser s. v. Manderscheid (2) — Hunsr.: Waldrach ö. v. Trier (1) — *Gebbä. (u. kl. Flüsse) bis z. d. Q.* VIII, IX.

Latelmis Reitt.

1. **Perrisi** Duf. (Germari Er.) — Eifel: 12 Qbä. u. a. an d. Hoh. Acht — Hunsr.: Zahlr. Qbä., u. a. am Erbeskopf (40) — Taunus: Am Feldberg (2) — Westerw.: Mittelbach i. Siebengeb. (1) — Berg. L.: Ba. w. v. Albach nö. v. Siegburg — Ba. s. v. Kröhlenbroich nö. v. Siegb. — Holzerbach i. Königsforst (4) — Sauerl.: Q. d. Negerbaches w. v. Kahlen Asten — Ba. s. v. Holthsn. b. Hohenlimburg (2) — Solling: ö. v. Gmünden (1) — Rhön: Milseburg (1) — Thür. W.: Friedrichroda — Nebenfl. d. Spitter b. Tambach (7) — *Oberlauf d. Gebbä. bis z. d. Q.* III—XI, Jungkäfer IX, X.

2. **Volckmari** Pz. — Eifel: Schlucht sö. v. Herschbroich b. Adenau (2) — Berg. L.: Kurtenwaldbach i. Königsforst — Eselsbach bei Hilden (3) — Rhön: Milseburg (1) — *Mittellauf d. Gebbä. bis zu deren Austritt aus d. Geb.* VI—XI.

3. **opaca** Müll. — Eifel: Schlucht sö. v. Herschbroich b. Adenau — Lieser s. v. Manderscheid (2) — Hunsr.: Sickerq. d. kl. Dhron i. Trittenheimer Wald — Qgebiet d. gr. Dhron b. Morbach — Gräfenbach b. Wallhsn. i. Soonw. (3) omn. vid. Everts — Teils mit Perrisi, teils mit Volckmari — *Gebbä.* III, VIII, IX.

4. **Mülleri** Er. — Sieg: Am Flußufer b. Seligenthal b. Siegb. (1) vid. Everts — VI.

Riolus Muls.

1 bis. **subviolaceus** Müll. nov. f. spec. — Westerw.: Ba. n. v. Dattenberg b. Linz (2) vid. Everts — *Gebbä.* V.

Helmis Latr.

1. **Latreillei** Bed. — nov. f. spec. — Eifel: In zahlr. Qb. bis zu den höchsten Höhen (27) — Hunsr.: Ebenso, u. a. am Erbeskopf (48) — Pfalz: Am Donnersberg (4) — Taunus: Feldberg (21) — Sauerl.: Q. d. Negerba. a. kahlen Asten — Q. d Katerkopfes b. Winterberg (2) — Teutob. W.: Silbertal b. Veldrom (1) — Hess. Bergl.: Hoh. Meißner (9) — Vogelsberg: (2) — Thür. W.. Friedrichroda — Inselsberg u. Gr. Barberg (4) — *In Gebbä., besonders i. Oberlauf bis z. d. Q.* — III—X, Jungkäfer VI?, IX, X.

2. **Maugei** Bed. — Stammform, nov. f. — Eifel: Ba. bei Niederbachem sw. v. Mehlem a. Rh. — Schlucht sö. v. Herschbroich b. Adenau — Qgebiet d. Elsbaches nö. v. flachen Kehlberg (3) vid. Everts.

ab. **Megerlei** Duf. — Eifel: Versch. Qbä., u. a. i. H. Venn (19) — Hunsr.: Qgebiet des Malbornerbaches w. v. Erbeskopf (1) — Taunus: Wörsbach b. Idstein — Usa b. Usingen (2) — Sauerl.. Q. a. Weißenstein b. Hohenlimburg — Rhön: Milseburg (1) — Rh: Tiefeb.: Kalkar (1).

ab. **aenea** Müll. — Eifel: Versch. Qbä., z. T. i. H. Venn (12) — Hunsr.: Qä. (6) — Pfalz: Am Donnersberg (3) — Taunus: Wörsbach b. Idstein — Usa b. Usingen (2) — Sauerl.: Q. a. Weißenstein b. Hohenlimburg — Grotenbach bei Gummersbach (59) — Vogelsberg: (3) — Thür. W.: Nebenfl. d. Spitter b. Tambach (2) — *Gebbä.* III—XI, Jungkäfer VIII, X.

Chrysomelidae.

Phyllotreta Foudr.

2. **exclamationis** Thunb. ab. **vibex** Ws. — An d. Kill b. Manderscheid (1) — *In d. Eb. u. i. Geb.* VIII.

Longitarsus Latr.

8. **holsaticus** L. — Hunsr.: Am Erbeskopf (1) — (*In d. Eb. u.*) *i. Geb.* X.

Apteropeda Chevr.

2. **orbiculata** Mrsh. ab. **aurichalcea** Ws. nov. f. ab. — Am Ba. i. Kaldauen b. Siegb. (1) — *In d. Eb.* VII.

Mniophila Steph.

1. **muscorum** Koch. — Eifel: Ueß (1) — Hunsr.: Schleiweg (1) — (*In d. Eb. u. i.*) *Geb.* IV, X.

Der kurzen Übersicht halber seien die Familien mit der Artenzahl genannt, soweit sie im Verzeichnis enthalten sind:

Carabidae	1	**Hydrophilidae** . . .	40
Haliplidae	6	**Helodidae**	1
Dytiscidae	54	**Dryopidae**	14
Gyrinidae	5	**Chrysomelidae** . . .	3
Staphilinidae	8	**Zusammen** .	132 Arten
		(in ca. 2500 Exempl.)	

Hervorragend beteiligt an der Zusammensetzung unserer aquatilen Gebirgsfauna sind genau wie in den Alpen die drei Gattungen *Hydroporus*, *Agabus* und *Helophorus*. Ferner die *Hydraeninae* aus der Familie der *Hydrophiliden* und die Familie der *Dryopiden*, die Steinmann und Thienemann als Kletterkäfer zusammenfassen. Dieser Name ist glücklich gewählt. Denn die auffallend großen, krallenartigen Endglieder der Tarsen ermöglichen es ihnen, an Stock und Stein und Pflanzenstengeln herumzuklettern und sich im raschströmenden Wasser, für das sie eine ausgesprochene Vorliebe haben, zu behaupten. Sie können als rheophile oder torrenticole Formen bezeichnet werden.

Gehen wir nun auf die horizontale und vertikale Verteilung dieser Fauna etwas näher ein und versuchen wir dann eine tiergeographische Analyse. Ich werde mich dabei nicht auf die von Voigt gesammelten Arten beschränken, sondern auch anderweitig im rheinischen Schiefergebirge festgestellte Arten berücksichtigen.

1. Über die horizontale Verteilung.

Soweit Voigt das rheinisch-westfälische Mittelgebirge durchstreifte und darüber hinaus Exkursionen in andere Züge des deutschen Mittelgebirges unternahm, begegneten ihm stets dieselben Arten. Thienemann hat die Bergbäche des Sauerlandes im Gebiet des Lenneschiefers eingehend untersucht und etwa zwei Dutzend *Coleopteren*arten nachgewiesen; sie sind ausnahmslos auch in Voigts Ausbeute enthalten. Soweit ich sehe, läßt sich keine einzige aquatile Art des Schiefergebirges anführen, die in anderen deutschen Mittelgebirgen fehlt. So liefert die Ausbeute von Voigt den erneuten Beweis, daß die aquatile Käferfauna des deutschen Mittelgebirges durchaus einheitlich ist. Dem steht nicht entgegen, daß vereinzelte Arten bislang nur recht sporadisch aufgefunden sind. Als solche seien einige Formen dieser Ausbeute genannt.

Hydroporus longulus Muls. (Rey ?.) Diese Art ist aus dem Mittelmeergebiet, den Pyrenaeen, Vogesen (Scherdlin), Nordfrankreich und England bekannt. Schilsky führt als einzigen deutschen Fundort Thüringen an, aber er betont ja selbst, daß seine nicht immer auf einwandfreie Quellen beruhenden Angaben der Nachprüfung bedürfen. Das ist hier sicher notwendig. Reitter hat die Art nicht in die Fauna germanica aufgenommen.

Zweifelsohne wird sich diese Art aber bald auch anderweitig im Mittelgebirge finden.

Crenitis punctatostriata Letz. Dieser interessante Hyrophilide wurde in der Eifel am Heidenkopf bei Jünckerath, in der Schneifel (le Roi), im Hertogenwald (Heymes) und jetzt

von Voigt am Erbeskopf im Hunsrück nachgewiesen, findet sich auch in Hessen, im Harz, Glatzer Gebirge, in den Beskiden und Sudeten. Diese Form ist ausgesprochen montikol, bewohnt kleine Tümpel und ruhige Bachbuchten und läuft ziemlich behende mit dem Rücken nach unten an dem Oberflächenhäutchen des Wassers.

Limnius troglodytes Gyll. Diese Art ist von Cassel bekannt, neuerdings auch aus dem Rheinland, kommt in Holland u. a. bei Bergen op Zoom vor. Demnach keine ausgesprochene Gebirgsform.

Erwähnt seien noch die ebenfalls sporadisch auftretenden *Philhydrus fuscipennis*, *Stenelmis canaliculata* und *consobrina*, *Riolus subviolaceus* und die Stammform von *Helmis Maugei*. Die beiden Variationen dieser Art *aenea* und *Megerlei* fanden sich sowohl gemischt wie getrennt. Unter 58 Stücken am Weißenstein bei Hohenlimburg im Sauerland war nur eine *Megerlei*.

Andere versprengt vorkommende Arten werden uns bei der tiergeographischen Analyse noch begegnen.

2. Über die vertikale Verteilung.

Mustern wir die Liste durch, so finden wir nur 18 von den 132 Arten, die von Voigt aus der Ebene, aber nicht aus dem Gebirge nachgewiesen sind. Vier derselben wurden von Zschokke auch als hochalpin aufgefunden; scheiden wir auch diese aus, so bleiben folgende Arten als Bewohner der Ebene übrig;

1. **Haliplus ruficollis** Deg.
2. **H. fluviatilis** Aubé.
3. **Hyphydrus fevrugineus** L.
4. **Coelambus impressopunctatus** Schall.
5. **Bidessus unistriatus** Ill.
6. **Hydroporus rufifrons** Dft.
7. **Agabus obscurus** Mrsh.
8. **Rhantus adspersus** F.
9. **Rh. exoletus** Forst.
10. **Hydaticus transversalis** Pont.
11. **Gyrinus distinctus** Aubé.
12. **G. Suffriani** Scriba.
13. **Helophorus griseus** Hbst.
14. **H. asperatus** Rey.
15. **Philhydrus quadripunctatus** Hbst.

Da die allernächsten Verwandten dieser Arten, die sich in der Lebensweise von ihnen nicht unterscheiden und in der Ebene

zusammen mit ihnen vorkommen, bereits im Mittelgebirge festgestellt wurden, können wir erwarten, bald auch diese 14 Arten aus dem Gebirge zu kennen.

Ihnen gegenüber steht die kleine Gruppe jener Arten, die nur aus dem Gebirge vorliegen. Ganz vereinzeltes Vorkommen in der Ebene lassen wir außer Acht.

1. **Hydroporus marginatus** Dft.
2. **H. discretus** Fairm.
3. **H. longulus** Muls.
4. **H. ferrugineus** Steph.
5. **Agabus guttatus** Pk.
6. **A. melanarius** Aubé.
7. **A. Erichsoni** Gemm.
8. **Hydraena pygmaea** Waterh.
9. **Crenitis punctatostrita** Letz.
10. **Hydrocyphon deflexicollis** Ill.
11. **Esolus angustatus** Müll.
12. **E. parallelepipedus** Müll.
13. **Latelmis Perrisi** Duf.
14. **L. opaca** Müll.
15. **L. Mülleri** Er.
16. **Riolus subviolaceus** Müll.
17. **Helmis Latreillei** Bed.

Hydroporus marginatus, *Agabus melanarius* und *Erichsoni* sowie *Crenitis* besiedeln kleinere und größere Gebirgstümpel, die sich ökologisch wenig von stillen Bachbuchten unterscheiden. Die übrigen angeführten Montanformen leben in und an Bächen. Die Arten der Gattungen *Dianous* und *Lesteva*, ferner die der rheophilen Gruppen der *Hydroporini*, *Hydraenini* und *Helminthini*, also die Kletterkäfer, bevorzugen die Bäche des Gebirges, finden sich aber mit einigen Arten auch in der Ebene an kälteren Bächen.

In der vertikalen Verteilung einzelner nächstverwandter Arten scheint eine gewisse Stellvertretung stattzufinden, indem die eine den Ober- die andere den Mittellauf der Bäche bevölkert.

So scheinen *Lesteva longelytrata* und *L. pubescens* im allgemeinen nicht zusammen vorzukommen. Von den über 70 Fundorten sind ihnen nur drei gemeinsam. *L. longelytrata* überwiegt an den Bächen des ausstreichenden Gebirges. Selbst die kleine Variation *maura* Er. (*nivalis*) Fauv.) ist von Elberfeld und vom Laacher See, also aus sehr unbeträchtlicher Höhe bekannt. Die als seltener geltende *L. pubescens* ist höher im Gebirge gar nicht selten, dort fast gerade so häufig als sonst *longelytrata*. *L. pubescens* liegt in 65, *longelytrata* in 87 Stücken vor.

Ganglbauer und Reitter betonen den montanen Charakter von *Anacaena globulus*. *A. limbata* steigt aber ebenfalls bis zu den höchsen Quellen auf, doch ist *globulus* im Gebirge gerade doppelt so stark vertreten. Wenn im Sommer Quellen und Bäche versiegen, harren die Anacaenaarten von allen aquatilen Coleopteren am längsten aus und beweisen dadurch, daß sie den gringsten Anspruch an Feuchtigkeit machen. Sie sind übrigens auch keine echten aquicolen, sondern mehr ripicole Formen.

Auffällig ist die bislang unbekannte Häufigkeit des „seltenen" *Latelmis Perrisi* im Oberlauf unserer Gebirgsbäche. Von der meist häufigen *L. Volckmari* wurden nur 5 Exemplare erbeutet. Diese Art ist sonst in unserem Gebiet nicht selten. In der Düssel bei Haan und Hochdahl, also im Mittellauf dieses Baches, ist sie zahlreich (Geilenkeuser); ebenso findet sie sich, aber nicht *Perrisi*, im Mittel- und Unterlauf der Geul in Holl.-Limburg und sonst in Holland. Demnach haben wir es bei diesen beiden Spezies mit einer klaren Differenzierung im vertikalen Vorkommen zu tun. Nur ausnahmsweise steigt *L. Volckmari* bis zu den höheren Quellen auf. In der Schlucht sö. von Herschbroich bei Adenau fand Voigt beide Arten.

Helmis Latreillei, allein aus der Eifel und dem Hunsrück in über 70 Stücken erbeutet, war bislang im Rheinland unbekannt. Wir haben es hier wie bei *Perrisi* mit einer stenotopen Form der höchsten und kältesten Quellbäche zu tun, die vor Voigt nicht untersucht waren. Voigt hat die Art am Donnersberg in der Pfalz, am Feldberg im Taunus, am Hohen Meißner in Hessen, am Kahlen Asten im Sauerland, im Teutoburger Wald, am Vogelsberg, in der Rhön und im Thüringer Wald erbeutet. Sie findet sich in den Ardennen und im Riesengebirge, aber nicht in der norddeutschen Tiefebene und im holländischen Flachland.

Es ist gewiß überraschend, wie klein die Zahl der montanen Formen in Voigts Ausbeute ist, die doch zu wenigstens 80 Prozent und von mehreren Hundert Fundorten aus dem Gebirge stammt. Wir können es demnach nicht mit

einem Zufall zu tun haben. Die Anzahl stenotoper „Wasserkäfer" kann also nicht groß sein. Dieser Eindruck wird bedeutend verstärkt, wenn wir daraufhin die Coleopteren zum Vergleich heranziehen, die Zschokke in seinem mit Recht preisgekrönten Werk „Die Tierwelt der Hochgebirgsseen" anführt. Seine Liste ist allerdings, so wie sie liegt, nicht zu gebrauchen. Aus dem Schrifttum sind veraltete Namensbezeichnungen übernommen und manche Arten unter Synonymen doppelt aufgeführt. Da man beim Vergleich unserer aquatilen Fauna mit der den Alpen immer wieder auf die Liste Zschokkes angewiesen ist, glaube ich diese in brauchbarer Form hier ganz einfügen zu sollen. Die alpinen Fundorte werden in verkürzter Form wiedergegeben, das Verbreitungsgebiet und Vorkommen im deutschen Mittelgebirge und der rheinischen und holländischen Tiefebene neu hinzugefügt.

Die Coleopteren der alpinen Hochgebirgseen, nach Zschokke.

1. **Haliplus amoenus** Ol. (obliquus F.) — In den französischen Alpen bis zu 2075 m. In ganz Nord- und Mitteleuropa nicht selten. Bei uns in der Eifel, im Bergischen Land und in Holland.

2. **Bidessus** (Hydroporus) **geminus** F. — In den Walliser Alpen selten, häufig in den Ebenen Europas und des Mittelmeergebietes. Bei uns in der rheinischen und holländischen Tiefebene.

3. **Hydroporus latus** Steph. (ovatus Strm.). — Für die Hochalpen einzig im Rhätikon nachgewiesen, wo er Seen verschiedener Höhenlagen bis zu 2313 m bewohnt. Verbreitet in Gebirgsbächen von Nord- und Mitteleuropa, Dalmatien, Bosnien, Italien; bei uns in der Eifel und im Berg. Land, auch in der holl. Ebene.

4. **H. griseostriatus** De Geer. — In den Alpen weitverbreitet, bis zu 2558 m, auch in den Pyrenäen, besonders in Schweden, Norwegen, Lappland, auf den Aleuten; sporadisch in Zentraleuropa, so nach Schilsky in Bayern and bei Halle.

5. **H. assimilis** Pk. — Im borealen Europa. Alpin: St. Moritzsee und Glarneralpen bis zu 2000 m. Zerstreut in Oestreich, Tirol, Pfalz, Mecklenburg, bei Hamburg; für das Vorkommen bei Elberfeld fehlen die Belegstücke.

6. **H. borealis** Gyll. (davisii Curt.). — Die Form gehört ebenfalls dem hohen Norden von Europa (Schweden, Norwegen, Lappland) an; in den Hochalpen Tirols, des Rhätikons und der Schweiz,

bis zu 2000 m, in den Pyrenäen, in den bayerischen Alpen und in Thüringen (? Schilsky).

7. **H. septentrionalis** Gyll. — Bewohnt den hohen Norden Europas, Sibiriens und Nordamerikas, findet sich bei Zermatt 2558 m hoch; kommt zerstreut in Zentraleuropa in Gebirgsbächen vor, so in Schlesien, Bayern, Thüringen, im Harz, in Westfalen und im Berg. Land bei Elberfeld.

8. **H. Sanmarki** Sahlb. — Im Wallis eher subalpin erreicht er in Graubünden 1800 m Höhe, auch in Tirol und Vorarlberg. Seine Heimat ist Nordeuropa, Sibirien und Californien. In den Pyrenäen, in Mitteleuropa ebenso sporadisch wie in der Schweiz, so in Ostdeutschland, Bayern, Thüringen, bei Cassel, bei Elberfeld, in Westfalen und Holland.

9. **H. pictus** F. — Tümpel am Simplon. Eine Form der Ebene, ist in ganz Nord- und Mitteleuropa häufig. Bei uns im Bergischen Land, in der rheinischen und holländischen Tiefebene. In stehendem Wasser.

10. **H. bilineatns** Strm. — Tümpel am Simplon. Verbreitet über Mitteleuropa in stehenden Gewässern der Ebene und des Gebirges. So im Thüringer Wald, in Westfalen, im Siegtal, in der rheinischen und holländischen Ebene.

11. **H. halensis** F. — Lago Ritom im Pioratal 1829 m. In ganz Mitteleuropa und im Mittelmeergebiet in Tümpeln der Ebene und des Gebirges. Bei uns in der Eifel und im Berg. Land und in der holl. Tiefebene.

12. **H. erytrocephalus** L. — Sehr verbreitet in Nord- und Mitteleuropa und Sibirien in stehendem Wasser. Alpin bis zu 2300 m. Bei uns in der Eifel, im Berg. Land, in der rheinischen und holl. Tiefebene.

13. **H. palustris** L. — Gemein im ganzen Flachlande Europas, steigt er im Mittelgebirge (Eifel, Hunsrück) bis zu den höchsten Tümpeln, alpin bis zu den Schmelzwassern auf, 2500 m höchster Fundort.

14. **H incognitus** Sharp. — Aleschgletscher im Wallis. Verbreitet über Savoyen, Frankreich, Belgien, Holland, England; bei uns in der rheinischen und holländischen Tiefebene.

15. **H. tristis** Pk. — Alpin in Tirol, bewohnt die Art den hohen Norden Europas, Sibirien und Nordamerika. Verbreitet in den Gebirgsbächen Mitteleuropas, so in den Vogesen, in der Eifel, aber auch an der Siegmündung und in der rheinisch-holländischen Tiefebene.

16. **H. elongatulus** Strm. (nec Redtb.). — In drei Seen des Rhätikons, in ganz Nord- und Mitteleuropa sporadisch, in Schlesien, im Harz, im Berg. Land und in Holland.

17. **H. tartaricus** Lec. (geniculatus Thoms., nigellus Mannh.). — Eine nordische, aus Lappland bekannte Form, die im Riesengebirge und in den Hochalpen wiederkehrt (Bernina, St. Moritz, Oberengadin, Graubünden), bis zu 2100 m. Bei Hamburg (?)

18. **H. marginatus** Dft. Verbreitet über Mitteleuropa und das Mittelmeergebiet. In den Pennischen Alpen, im Oberengadin und in Graubünden, in Vorarlberg und Tirol bis zu 1800 m. In Südwest- und Mittel-Deutschland, in den Vogesen, in der Eifel (Ahr- und Nettetal), in den Ardennen, in Tümpeln und Bachbuchten des Gebirges (und der Ebene?). Nicht in Holland.

19. **H. pubescens** Gyll. (Umfaßt bei Zschokke wohl auch **discretus** Fairm.) — In Tirol subnival, in der Schweiz verbreitet bis zu 2513 m. Häufig in ganz Europa und im Mittelmeergebiet. Bei uns in der Eifel, im Hunsrück, im Teutoburger Wald, in der Münsterschen Bucht, in der rheinischen und holländischen Tiefebene.

20. **H. nivalis** Heer (morio Heer nec Dej.). — Eine typische Hochalpenform ungemein ausgedehnter, horizontaler und vertikaler Verbreitung, von 1600—2620 m. Auch in den Pyrenäen, sporadisch in Südfrankreich, Toskana, Ostdeutschland, Schlesien, bei Hamburg (?) und in den Vogesen.

21. **H. foveolatus** Heer. — In den Pyrenäen und hochalpin weit verbreitet, 1600—2300 m. Bayrische Alpen, Ostdeutschland, Mark Brandenburg, Vogesen.

22. **H. nigrita** F. (glabellus Thoms., nivalis Rdtb.). — In Gebirgsgewässern Nord- und Mitteleuropas, häufiger in den Alpen, besonders häufig in warmen und kalten Wassern des Rhätikons, bis 2302 m. Bei uns in der Eifel, im Hunsrück, Taunus, Teutoburger Wald, aber auch in der holländischen Tiefebene verbreitet. Everts besitzt über 30 Stück aus allen Provinzen Hollands.

23. **H. memnonius** Nic. Fast durch ganz Europa in Gebirgsbächen, vereinzelt in der Ebene. Mehrere hochalpine Fundorte bis zu 2345 m. Bei uns am Donnersberg in der Pfalz, im Bergischen Land, in der holländischen Ebene.

24. **H. ferrugineus** Steph. (victor Aubé). — Ueber die Gebirgsgegenden Mitteleuropas verbreitet, alpin bis 2200 m in der Schweiz, in Tirol und Vorarlberg. In Bayern, West-, Mittel-, Ost-Deutschland, in den Vogesen. Bei uns im Hohen Venn, Bergischen Land, Sauerland, Teutoburger Wald.

25. **Laccophilus minutus** L. (hyalinus De Geer). — Ueber ganz Europa und das Mittelmeergebiet verbreitet in Tümpeln der Ebene und des Gebirges. Im Wallis bis 2000 m hoch, Eggischhorn. Bei uns in der Eifel, im Siegtal, in der rheinischen und holländischen Ebene.

26. **Agabus didymus** Ol. — Verbreitung und Vorkommen wie bei der vorigen Art. Alpin in Vorarlberg, Tirol und Schweiz bis 1800 m. Im Bergischen Land, rheinische Tiefebene und Holland.

27. **A. guttatus** Pk. In den Alpen verbreitet, bis 2445 m hoch. In Skandinavien, Lappland, Oberitalien, ganz Mitteleuropa. Typisch torrenticol, unter Steinen. Vereinzelt in kalten Bächen der Ebene, wie in Holland. Bei uns H. Venn, Schneifel, Hunsrück, Pfalz, Taunus, Westerwald, Bergisch. Land, Sauerland, Rhön, Thüringer Wald.

28. **A. biguttatus** Ol. Ein Tier des Mittelmeergebietes. Alpin in Tirol und am Simplon. Nach Schilsky in Bayern, in den Vogesen, W.-Deutschland, Hessen, Thüringen, Harz. Im Schiefergebirge noch nicht nachgewiesen. Nicht in Holland.

29. **A. bipustulatus** Redtb. — Ueber ganz Europa und das Mittelmeergebiet verbreitet, im Gebirge wie in der Ebene überall häufig. Höchter alpiner Fundort 2560 m. Von den Höhen des Erbeskopfes und der Schneifel bis herab zur holländischen Küste.

30. **A. Solieri** Aubé. — Nahe verwandt mit der vorigen Art. Im hohen Norden, in Lappland, Schottland und Island und in den höheren Gebirgen Mitteleuropas, Pyrenäen, Alpen, Riesengebirge sehr verbreitet. Fehlt in keinem Abschnitt der Alpenkette und steigt bis 2755 m auf. In Thüringen (?) und in den Vogesen.

31. **A. subtilis** Er. In Nordeuropa und Sibirien, sporadisch in den Gebirgen Mitteleuropas. In Schneetümpeln oberhalb des Aleschgletschers, 2400 m. In Vorarlberg, Böhmen, Thüringen, bei Cassel und Münster i. W.; für Vorkommen im Siebengebirge und im Bergischen Land fehlen Belegstücke. Auch in Nordfrankreich.

32. **A. chalconatus** Pz. In ganz Europa sporadisch, alpin von Nufenen 1576 m. Grubenpaß im Rhätikon 2200 m, im Kaunsertal-Gepatsch in Tirol 1950 m. In der Eifel, im Bergischen Land, in der rheinischen und holländischen Ebene, in Bächen und Tümpeln.

33. **A. paludosus** F. — Nord- und Mitteleuropa. Alpin im Lenzerhaidsee 1487 m. In der Eifel, im Bergischen Land, ganz Rheinland und Holland.

34. **A. congener** Thunb. (nec Payk, s. Everts 1925). — Der im hohen Norden, in Skandinavien, Lappland, Sibirien, Nordamerika, ziemlich gemeine Käfer ist in Zentraleuropa ziemlich selten, in den Alpen wieder weit verbreitet, bis 2445 m. Er bevorzugt dort kleine, warme, seichte Tümpel. Im deutschen Mittelgebirge, im Koppenteich des Riesengebirges, in den Vogesen, in der Mark Brandenburg; bei uns in der Schneifel, im H. Venn, im Bergischen Land, aber auch in Holland.

var. **Thomsoni** Sahlb. — Alpin am Rosegglетscher ca. 2200 m hoch; sonst nur aus Lappland und Finmarken bekannt.

35. **A. nebulosus** Forst (bipunctatus F.). — In Europa und im Mittelmeergebiet. Alpin Entremont im Wallis. Bei uns besonders im Gebirge (Eifel), aber auch in der rheinischen und holländischen Tiefebene.

36. **A. Sturmi** Gyll. — In ganz Europa verbreitet, bevorzugt (? nach Zschokke) der Käfer den hohen Norden und stellt sich auch hochalpin ein, bis 2388 m. Eifel, Bergisches Land, Siegmündung, rheinische und holländische Tiefebene.

37. **A. femoralis** Pk. (labiatus Brahm). — Alpin (ohne nähere Angabe), Nord- und Mitteleuropa, Hunsrück, Bergisches Land, rheinische Tiefebene, Holland.

38. **Platambus** (Agabus) **maculatus** L. — Nord- und Mitteleuropa, Spanien. Im Wallis selten, häufiger in Appenzell, Engadin und Tirol, 1800 m. Eifel, Hunsrück, rheinisches und holländisches Flachland. In Tümpeln und Bächen der Ebene und des Gebirges.

var. **pulchellus** Heer. — Tirol, Schweiz: Ritomsee 1825 m, St. Moritzsee 1771 m, Hamburg (?)

39. **Ilybius fuliginosus** F. — Nordeuropa und Nordamerika. Alpin zwei Fundorte aus Graubünden bis zu 1647 m. In ganz Mitteleuropa. Bei uns in Tümpeln der Ebene und des Gebirges nicht selten. Eifel, H. Venn, Bergisches Land, Siegmündung, rheinische und holländische Ebene.

40. **I. obscurus** Mrsh. — Nicht selten in Nord- und Mitteleuropa. Alpin in Tirol. Eifel, Hunsrück, Bergisches Land, rheinische Ebene, Holland.

41. **Rhantus notatus** F. (suturalis Lac.). — Häufiger Bewohner der Tümpel in den nord- und mitteleuropäischen Ebenen. Am Morteratschgletscher in der Schweiz 1908 m.

42. **Acilius sulcatus** L. — Gemein in ganz Europa. Schwarzer See bei Tarasp in der Schweiz 1550 m. Eifel, Hunsrück, Bergisches Land, rheinische Ebene, Holland.

43. **Dytiscus marginalis** L. Ueber den größten Teil der palaearktischen Region verbreitet, in Tümpeln und Teichen. Nicht selten alpin in Teichen bis 2000 m.

44. **D. lapponicus** Gyll. — Nordeuropa, Lappland, Sibirien. In den Alpen am Mont Cennis und Simplon, 2000 m. Norddeutschland. Im Rheinland noch nicht nachgewiesen. In Holland in größeren Tümpeln entlang den eiszeitlichen Endmoränen, so in Tegelen bei Steyl, nahe der deutschen Grenze.

45. **Gyrinus minutus** F. — Ueber Europa, Sibirien, Nordamerika verbreitet, in stehenden Gewässern und langsam fließenden Bächen. Alpin Tarasper See, 1410 m. Eifel, Westerwald, Bergisches Land, rheinische Tiefebene, Holland.

46. **G. marinus** Gyll. — Verbreitung und alpines Vorkommen wie voriger, gemein.

47. **Helophorus rufipes** Bosc. (rugosus Ol.). — Westl. Mitteleuropa und westl. Mittelmeergebiet, Italien, Dalmatien. See auf dem St. Bernhard, 2445 m. Rheinische und holländische Tiefebene.

48. **H. nubilus** F. (costatus Goeze). — Ueber den größten Teil Europas verbreitet, besonders in der Ebene nicht selten. In den Alpen Nufenen 1576 m, Albula 2313 m. Eifel, Bergisches Land, rheinische und holländische Ebene.

49. **H. Schmidti** Villa (alpinus Heer, fracticostis Fairm.). — Im Mittelmeergebiet, in den Gebirgen von Spanien, Italien, Vorarlberg, Tirol und der Schweiz, da und dort hochalpin bis 2640 m. Auch in den Vogesen und an der Nordsee(?).

50. **H. glacialis** Villa. — In Nordeuropa und in den Gebirgen von Mittel- und Südeuropa verbreitet. Auch im Kaukasus. Ein richtiger Hochgebirgsbewohner, der sich in den Alpen einer unbegrenzten Verbreitung erfreut, Zschokkes höchster Fundort 1559 m. Ich fand das Tier in Schmelzwasser am Hohen Rad in der Siveretta ca. 2000 m hoch. Bayrische Alpen, Riesengebirge, Vogesen.

51. **H. nivalis** Giraud. — Bei Zschokke nicht genannt, wohl mit voriger Art vermengt. Lebt in den österreichischen und Schweizer Alpen, ich fand ihn mit dem vorigen in der Siveretta, ca. 2000 m hoch. Auch in Schlesien und in den Vogesen.

52. **H. viridicollis** Steph. (aeneipennis Thoms.). — Gemein in ganz Nord- und Mitteleuropa und im Mittelmeergebiet, vorwiegend in der Ebene, auch im Gebirge. Alpin Furka, bei Pontresina bis 2000 m Höhe. Eifel, Hunsrück, Westerwald, Bergisches Land, Siegmündung, rheinische und holländische Tiefebene.

53. **Hydraena gracilis** Kugel. — Sehr verbreitet in Nord- und Mitteleuropa und in Bosnien, überwiegend in Gebirgsbächen. Alpin bei Trafoi 1559 m. Eifel, Hunsrück, Taunus, Bergisches Land, Sauerland, Hessisches Bergland, Thüringer Wald, rheinische und holländische Ebene.

54. **Hydrophilus** (Hydrocharis) **caraboides** L. — Im größten Teil der palaearktischen Region häufig. Zschokke führt aus dem Lünersee (1943 m) im Rhätikon an var. **scrobiculatus** Pz. Nach Ganglbauer nur eine Abnormität der Stammform. Ein Tier der stehenden Gewässer der Ebene, findet es sich auch im Hunsrück und im Bergischen Land.

55. **Hydrobius fuscipes** L. — Ueber die ganze palaearktische Region, über Nordamerika und Californien verbreitet. Im Wallis und Oberengadin in Tümpeln bis zu 1800 m Höhe. Eifel, Hunsrück, Bergisches Land, Teutoburger Wald, rheinische und holländische Tiefebene.

56. **Anacaena** (Creniphilus) **limbata** F. — Im größten Teil der palaearktischen Region, häufig in stehendem Wasser. Bei Pontresina 1803 m hoch. Eifel, Hunsrück, Pfalz, Taunus, Westerwald, Bergisches Land, Sauerland, Vogelsberg, Rhön, rheinische und holländische Tiefebene. Umfaßt bei Zschokke sicher auch **globulus**, ob auch **bipustulata**?

57. **Laccobius minutus** L. — Häufig in Nord- und Mitteleuropa, Oberitalien und in den Balkanländern, in der Ebene und im Gebirge. In der Schweiz bis 1908 m. Hohes Venn, Eifel, Bergisches Land, Münsterland und Holland.

58. **L. nigriceps** Thoms. (sinuatus Kuw., Bedel, Fowl. nec Motsch., s. Everts 1925). — Ueber fast ganz Europa verbreitet, häufig in Tümpeln der Ebene und des Gebirges. Im Wallis bis 1500 m, Pontresina 1803 m. Eifel, Bergisches Land, Holland.

59. **Helochares lividus** Forst. — Mitteleuropa und Mittelmeergebiet. Nach Ganglbauer in Südeuropa und im westlichen Mitteleuropa sehr häufig, was wenigstens für Westfalen, Rheinland und Holland nicht zutrifft, wo die Art meist nur vereinzelt in Tümpeln und Bächen der Ebene und des Gebirges gefunden wird. Alpin bis 2640 m. Eifel, Berg. Land, rheinische und holländische Ebene.

60. **Limnebius truncatellus** Thunb. — Sibirien, Nord- und Mitteleuropa und angrenzende Teile von Südeuropa (Algier?). In Gebirgsbächen häufiger als in der Ebene. Davos, Oberengadin, Calanda, bis 2100 m. Eifel, Hunsrück, Taunus, Westerwald, Bergisches Land, Sauerland, Vogelsberg, Siegtal, rheinische und holländische Tiefebene.

So hat sich das Verzeichnis von Zschokke durch Ausmerzung der Synonima auf 60 Arten verkürzt. Nicht zu deuten war *Hydroporus areolatus* De Geer, der entweder als *areolatus* Steph. mit *assimilis* Pk. oder als *areolatus* Dft. mit *halensis* F. identisch ist. Da diese beiden Arten aber in der Liste vertreten sind, bedeutet das keinen Ausfall.

Welche Familien und wie stark sie vertreten sind und welche Gattungen mit größerer Artenzahl an der Zusammensetzung der aquatilen Hochgebirgsfauna mitwirken, zeigt folgende kleine Übersicht.

Haliplus	mit 1 Art	**Hydroporus** . .	mit 22 Arten
Dytiscidae . . .	„ 43 Arten	**Agabus**	„ 12 „
Gyrinidae . . .	„ 2 „	**Helophorus** . .	„ 6 „
Hydrophilidae .	„ 14 „		

Die Kletterkäfer, die von Voigt in so großer Zahl im Gebirge gefunden wurden, sind bei Zschokke nur in *Lim-*

nebius truncatellus vertreten. Dabei müssen wir aber im Auge behalten, daß Zschokke keine endgültig abgeschlossene Liste bietet, ferner daß er sich auf die alpine und hochalpine Fauna beschränkt (1700—2300; 2300—4000 m, Imhof bei Zschokke S. 1) die subalpine untere und obere Waldregion, die sich am ehesten mit unseren mitteldeutschen Gebirgszügen vergleicheu ließe, dürfte auch in den Alpen eine reiche Fauna der Kletterkäfer enthalten. Der nähere Vergleich der hochalpinen aquatilen Coleopterenfauna und der unserer Gebiete zeitigt überraschende Ergebnisse. Denn beiden Faunen sind nicht weniger als 54 Arten gemeinsam, wobei wir die schlesischen sowie die Vogesen-Vorkommnisse und die zweifelhaften mittel- und norddeutschen außer Acht lassen.

Tiere, die in Holland verbreitet sind, werden als Tiere der Ebene betrachtet. Die Zahl der alpinen „Wasserkäfer", die nicht oder nur vereinzelt in der Ebene sich finden, beträgt nur 16 Arten und zwei Variationen. Diese müssen als ausgesprochene aquatile Montanformen angesehen werden, es sind die folgenden Spezies. Die Mehrzahl derselben zählt auch bei uns zur Montanfauna. Durch ein Sternchen sind die in unseren Breitegraden nicht oder nicht sicher nachgewiesenen 7 Arten und zwei Variationen kenntlich gemacht.

*1. **Hydporus griseostriatus** de Geer.
2. **H. assimilis** Pk.
*3. **H. borealis** Gyll.
4. **H. septentrionalis** Gyll.
*5. **H. tartaricus** Lec.
6. **H. marginatus** Dft.
*7. **H. nivalis** Heer.
8. **H. foveolatus** Heer.
9. **H. ferrugineus** Steph.
10. **Agabus guttatus** Pk.
11. **A. biguttatus** Ol.
12. **A. Solieri** Aubé.
13. **A. subtilis** Er.
*14. **A.** (congener Thunb.). var. **Thomsoni** Sahlb.
*15. **Platambus** (maculatus L.). var. **pulchellus** Heer.
*16. **Helophorus Schmidti** Villa.
*17. **H. glacialis** Villa.
*18. **H. nivalis** Giraud.

Unter den 132 Arten der überwiegend montanen Ausbeute Voigts fanden sich nur 17 stenotope Arten; unter den 60 ausschließlich hochalpin gesammelten Arten finden sich nur 16 Arten und zwei Variationen, die in ihrem Vorkommen

völlig an das Gebirge gebunden sind. Die beiden Gruppen stenotoper Arten, miteinander verglichen, unterscheiden sich nur durch 7 Arten und zwei Variationen, die im deutschen Mittelgebirge völlig fehlen, die in den Alpen (und z. T. im Riesengebirge und in den Vogesen) verbreitet sind. Daraus folgt: 1. Die montane aquatile Coleopterenfauna enthält nur wenige stenotope Arten. 2. Diese stenotopen Arten der Alpen finden sich zum größeren Teil auch in den höheren und mittleren deutschen Gebirgen.

3. Zur geographischen Analyse dieser Fauna.

a. Ubiquisten.

Aus den vorstehenden Tatsachen ergibt sich ohne weiteres, daß die Mehrzahl der aquatilen montanen Käferfauna aus Ubiquisten gebildet wird, die vor allem in der Ebene oder dort doch ebenso gut die ihnen zusagenden Lebensräume finden. Durch die Einwanderung ins Gebirge ist eine Isolierung mit artumbildender Wirkung höchstens ausnahmsweise erfolgt. Die Variatio *pulchellus* Heer von *Platambus maculatus*, darf als alpin entstanden betrachtet werden. Beachten wir noch die großen Temperaturunterschiede zwischen den warmen Wassern der Ebene und den Schmelztümpeln des Hochgebirges, so dürfen wir als Ergebnis zwei weitere Sätze buchen:

1. Die Besiedlung der Gebirgswässer mit Coleopteren ist überwiegend von der Ebene aus erfolgt.

2. Die eingewanderten Arten bekunden eine große Anpassungsfähigkeit an die montanen Verhältnisse.

b. Stenotope Formen.

Das sporadische Auftreten mancher stenotoper Arten in den Gebirgen Mittel- und Süddeutschlands erweckt ganz den Eindruck, daß diese Arten Überreste einer in der Eiszeit allgemein verbreiteten Fauna sind. Das mag im Ganzen auch stimmen, muß aber mit größter Sorgfalt bei jeder Einzelart nachgeprüft werden. Und das ist ungemein schwierig, die

Zahl der Fehlerquellen ist groß. Die Erforschung der nordischen Gewässer weist bekanntlich noch klaffende Lücken auf. Neben dem Ausbreitungsgebiet sollten wir auch die relative Häufigkeit der Arten in den einzelnen Gegenden kennen. In der alleinigen Tatsache, daß eine Art sich in den Alpen und im hohen Norden findet, liegt noch kein Beweis für die nordische Herkunft der Art. Bei der maximalen Vereisung konnte ein wechselseitiger Formenaustausch zwischen Nord und Süd sich vollziehen. Sporadisches Auftreten in den Alpen und allgemeine Häufigkeit im borealen Europa spricht allerdings zugunsen nordischer Heimat. Ferner muß bei der geographischen Analyse an die oben gefolgerte Anpassungsfähigkeit der aquatilen Coleopteren an starke Temperaturunterschiede gedacht werden. *Agabus Sturmi* findet sich im hohen Norden sowohl wie in warmen Gewässern mitteleuropäischer Ebenen. Wer will entscheiden, ob und in welcher Richtung die Anpassung erfolgt und wo die Heimat der Art zu suchen ist? Glacialrelikte brauchen weder bei uns noch in der alten Heimat an glaciale Gewässer gebunden zu sein, wie das oft unterstellt wird. *Dytiscus lapponicus* lebt in den subnivalen Gewässern der Westalpen sowohl wie in den warmen Tümpeln entlang den eiszeitlichen Endmoränen Hollands; *Agabus Erichsoni* in Waldtümpeln des Kottenforstes bei Bonn in kaum nennenswerter Höhe über der Rheinebene und in den Gewässern des borealen Europa, Sibirien und Nordamerika; *Hydroporus nigrita* F. (nivalis Rdtb.) ist durch ganz Holland und Deutschland bis hinauf zu den Hochgebirgsseen der Alpen und Nordeuropas verbreitet. Diese Beispiele ließen sich noch vermehren und mahnen zur Vorsicht.

Verhältnismäßig am besten sind wir über das Ausbreitungsgebiet der Gattungen *Agabus* und *Hydroporus* unterrichtet, weniger über *Helophorus* und die Kletterkäfer, also die *Hydrochini*, *Hydraenini* und *Dryopiden*. Wenn trotzdem hier ein Verzeichnis der glacialen Reliktformen borealer und meridionaler Herkunft geboten wird, so möchte ich das nur als einen verbesserungsfähigen Versuch angesehen wissen.

a) Glacialrelikte vermutlich nordischer Herkunft:

*1. **Hydroporus griseostriatus** De Geer.
2. **H. assimilis** Pk.
*3. **H. borealis** Gyll.
4. **H. septentrionalis** Gyll.
5. **H. Sanmarki** Sahlb.
6. **H. elongatulus** Strm.
*7. **H. tartaricus** Letz.
8. **H. melanarius** Strm.
9. **Agabus guttatus** Pk.
10. **A. melanarius** Aubé.
11. **A. Solieri** Aubé.
12. **A. Erichsoni** Gemm.
13. **A. subtilis** Er.
*14. **A.** (congener Thunb.). var. **Thomsoni** Sahlb.
15. **Dytiscus lapponicus** Gyll.

b) Glacialrelikte vermutlich südlicher Herkunft:

1. **Hydroporus nivalis** Heer.
2. **H. foveolatus** Heer.
3. **H. longulus** Muls.
4. **Crenitis punctatostriata** Letz.
*5. **Helophorus Schmidti** Villa.
*6. **H. glacialis** Villa.
*7. **H. nivalis** Giraud.
8. **Helichus substriatus** Müll.
9. **Esolus angustatus** Müll.
10. **E. parallelepipedus** Müll.
11. **Latelmis Perrisi** Duf.
12. **L. opaca** Müll.
13. **L. Mülleri** Er.
14. **Helmis Lastreillei** Bed.

Durch Sternchen sind wiederum jene alpinen Vorkommnisse bezeichnet, die im deutschen Mittelgebirge nicht oder nicht sicher nachgewiesen sind. Natürlich gibt es unter der „Wasserkäfer"-Fauna Deutschlands und der Alpen noch weitere mit Sicherheit erkennbare Glacialrelikte. Ich habe mich hier auf Zschokkes Verzeichnis und auf rheinische Ausbeuten beschränkt und auch aus diesen die Formen zweifelhaften Reliktencharakters unerwähnt gelassen. Aus dem gewiß nicht unberechtigten Bestreben nach einem unabhängigen Urteil über die als Glacialrelikte anzusehenden Formen, habe ich die Untersuchungen anderer Forscher erst nachträglich zum Vergleich herangezogen. Den Versuch, die Relikte nordischer und südlicher Herkunft zu trennen, fand ich bei keinem Autor. Holdhaus 1912 zeigt in seinem kritischen Verzeichnis der boreoalpinen Tierformen (Glacialrelikte) der mittel- und südeuropäischen Hochgebirge eine allzu kritische Beschränkung. Er meint: „Die deutschen Mittelgebirge beherrbergen nur in ihren höchsten Erhebungen (Harz, Taunus, Thüringer Wald, Erzgebirge, Böhmerwald, Schwarzwald, Vogesen) eine geringe Zahl boreoalpiner Arten." Er zählt 37

solcher Arten auf, von denen ihm 2 fraglich erscheinen. Von aquicolen Coleopteren nennt er nur *Agabus Solieri, Ilybius crassus* und *Helophorus glacialis.* Petry 1914 dagegen führt allein vom Brocken 40 Käfer an, deren Reliktencharakter ihm ziemlich gesichert zu sein scheint, darunter *Hydroporus Kraatzi* Schaum und *Agabus melanarius* Aub. Holdhaus 1910 stellte in den Karpathen 32 Glacialrelikte fest, darunter *Hydroporus assimilis* und *borealis*, *Agabus Solieri* und *Helophorus glacialis. Hydroporus Kraatzi* Schaum und *Hydroporus ferrugineus* rechnet er unter Vorbehalt zu den exklusiven Montanformen, während *Ochthebius exsculptus* Germ. von den höheren Gebirgslagen bis an den Fuß der Karpathen gefunden wurde. Demnach wäre der Reliktencharakter von *H. Kraatzi* nicht sichergestellt. *H. ferrugineus* findet sich auch im Mittelgebirge nur petrophil und torrenticol bis an den Ausgang der Gebirgszüge. Auch *Ochthebius exsculptus* geht in den Gebirgsbächen bis zum Ausgang des Gebirges herab. Benick 1919 kennt in seinem Verzeichnis der Käfer norddeutscher Quellengebiete keine aquicolen Glacialrelikte. Die meisten von ihm mit Sieb und Streifsack gesammelten Coleopteren haben mit Quellgebieten nichts zu tun. Arndt 1921, Reste der Eiszeitfauna in den Gewässern der Mark Brandenburg führt u. a. an: *Hydroporus scalesianus* Steph., *Agabus Erichsoni* Gemm. und *Agabus fuscipennis* Gyll., alle von mehreren Fundorten aus der Umgebung von Berlin. Die angegebenen Fundplätze kennzeichnen *A. Erichsoni* als Waldtümpelbewohner, was auch mit dem Fund im Kottenforst b. Bonn übereinstimmt. Auf Heer, Die Urwelt der Schweiz, 2. Aufl., Zürich 1883 gestützt, nennt Voigt *Hydroporus septentrionalis* Gyll. und H. (*Deronectes*) *griseostriatus* Deg. glaciale Relikte.

Die Zahl der von diesen Autoren als unzweifelhafte Relikte der Eiszeit anzusehenden Arten ist demnach sehr klein. Das rührt aber zum größten Teil daher, daß sie die aquicolen Coleopteren wenig berücksichtigen und meist nur über eine kleine Ausbeute abhandeln. Soweit in der großen Beute von Voigt und anderer Sammler Rheinlands die von diesen

Autoren genannten Glacialrelikte vorkommen, wurden sie hier unabhängig von diesen Autoren als Glacialrelikte erkannt. Und die übrigen, die darüber hinaus von mir genannt sind? Nun, sie mögen von anderen Forschern nachgeprüft und als Relikte angenommen oder verworfen werden, beides dient der Förderung unseres Wissens.

Ergebnis.

Statistische Sammelverzeichnisse, ungenießbar, trocken, nichtssagend für den Laien, bieten dem Kenner einen kleinen Abschnitt aus der Geschichte des Lebens und der Fauna. Er erfährt vom Wandern der Arten, vom Suchen nach neuen Lebensräumen und von der zähen Selbstbehauptung fremder versprengter Formen in fremden Landen. Das Ergebnis der Untersuchung läßt sich in folgende Sätze zusammenfassen:

Die Coleopterenfauna der Gebirgsgewässer besteht überwiegend aus Ubiquisten, die aus der Ebene ins Gebirge gewandert sind und wohl noch wandern. Ihre Anpassungsfähigkeit, selbst an Hochgebirgsverhältnisse, ist groß. Die Zahl der stenotopen, an Gebirgsgewässer gebundenen Formen, ist klein. Die aquatile Käferfauna der deutschen Mittelgebirge und selbst der Alpen setzt sich überwiegend aus denselben Arten zusammen. Die stenotopen Formen sind meist Glacialrelikte borealer und meridionaler Herkunft.

Benutzte Literatur.

Arndt W., Reste der Eiszeitfauna in den Gewässern der Mark Brandenburg. Sitzungsber. der naturforschenden Freunde zu Berlin, 1921, Nr. 8—10, S. 159 ff.

Benick L., Beiträge zur Kenntnis der Tierwelt norddeutscher Quellgebiete. Mit einem Anhang schwedischer Quellkäfer. Archiv für Naturgeschichte, Berlin 1919, 85. Jahrgang, Heft 2, S. 299 ff.

Blunck H., Syllabus der Insektenbiologie, Coleopteren, 1. Lief., Berlin 1925.

Everts E., Coleoptera Neerlandica, I—III, s'Gravenhage 1898, 1903, 1922.

Ders., Nieuwe Naamlijst der in Nederland en het omliggend gebied voorkomende Schildvleugellige Insekten. Zutphen 1925.

Ganglbauer L., Die Käfer von Mitteleuropa, I—IV 1, Wien 1892, 1895, 1899, 1904.

Geilenkeuser W., Nachtrag zu dem Verzeichnis der Käfer von Elberfeld und dessen Nachbarschaft von C. Cornelius, Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Elberfeld, 8. Heft, Elberfeld 1896.

Holdhaus K. und Deubel F., Untersuchungen über die Zoogeographie der Karpathen (Unter besonderer Berücksichtigung der Coleopteren), Abhandl. d. k. k. Zool.-Botan. Gesellschaft in Wien 1910, Bd. VI, Heft 1.

Holdhaus K., Kritisches Verzeichnis der boreoalpinen Tierformen (Glacialrelikte) der mittel- und südeuropäischen Hochgebirge, Annalen des k. k. Naturhistor. Hofmuseums in Wien, 1912, Bd. XXVI, S. 399.

Kuhnt P., Käfer Deutschlands, Stuttgart 1913.

Petry A., Ueber die Käfer des Brockens unter besonderer Berücksichtigung der biogeographischen Verhältnisse. — Entomol. Mitteilungen Bd. III, Nr. 1—4, S. 11, 1914.

Reitter Ed, Catalogus Coleopterorum Europae, Caucasi et Armeniae Rossicae, Paskau 1905.

Ders.. Fauna Germanica, Die Käfer des Deutschen Reiches, I—V Stuttgart 1908, 1909, 1911, 1912, 1916.

Röttgen C., Die Käfer der Rheinprovinz, Sonderabdruck aus den Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens, LXVIII. Jahrgang, Bonn 1911.

Scherdlin P., Supplément au Catalogue des Coléoptères de la chaine des Vosges et des régions limitrophes. Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Colmar, nouvelle serie XIII, années 1914 et 1915.

Ders., Deuxième Supplement au Catalogue etc., Colmar 1920.

Schilky J., Systematisches Verzeichnis der Käfer Deutschlands und Deutsch-Oesterreichs, Stuttgart 1909.

Steimann P., Die Tierwelt der Gebirgsbäche, Inauguraldissertation, Brüssel 1907.

Thienemann Aug, Der Bergbach des Sauerlandes. Faunistisch biologische Untersuchungen. Sonderabdruck aus Internationale

Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Leipzig 1912.

Voigt W., Ueber Tiere, die sich vermutlich aus der Eiszeit her in unseren Bächen erhalten haben. Verhandl. d. Naturhistor. Vereins d. preuß. Rheinlande und Westfalens, 52. Jahrg. Bonn 1895, S. 235—244.

Westhoff Fr., Die Käfer Westfalens, Supplement zu den Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens. 38. Jahrgang, Bonn 1881.

Zschokke F., Die Tierwelt der Hochgebirgsseen, Zürich 1900.

Ueber die Krebsfauna der Eifelmaare.

Von

Rud. Schauss, Godesberg.

Mit 10 Abbildungen im Text und Tafel II (Tabelle).

Inhalt.

Seite

Einleitung 149
I. Frühere Untersuchungen, Methode d. eigenen Untersuchung 150
II. Listen der Krebsarten sämtlicher Eifelmaare 153
1. Liste der Planktonkrebse 153
2. Liste der in der Uferzone gefundenen Krebse 154
3. Liste der am Grunde der Maare gefundenen Krebsarten 155
4. Andere Krebsarten 155
III. Die einzelnen Maare und ihre Krebsfauna 156
1. Pulvermaar S. 156, A. Plankton S. 156, B. Uferfauna . . 159
2. Weinfelder Maar S. 165, A. Plankton S. 165, B. Uferfauna S. 166, C. Grundfauna 168
3. Gemündener Maar S. 169, A. Plankton S. 169, B. Uferfauna S. 170, C. Grundfauna 172
4. Schalkenmehrener Maar S. 173, A. Plankton S. 173, B. Uferfauna, S. 174, C. Grundfauna 176
5. Holzmaar S. 176, A. Plankton S. 176, B. Uferfauna . . 177
6. Meerfelder Maar S. 180, Plankton 180
7. Ulmener Maar S. 181, A. Plankton S. 181, B. Uferfauna S. 183, C. Grundfauna 185
IV. 1. Die Maartypen, ihr Krebsplankton und ihre Grundfauna 185
2. Das Krebsplankton anderer Seen und das der Eifelmaare 187
3. Die Ufer-Krebsfauna der Eifelmaare und die anderer Seen 190
Benutzte Literatur 193

Einleitung.

Die unten aufgeführten Krebsarten, insbesondere *Copepoden* und *Cladoceren* wurden bei Gelegenheit der Untersuchung der Eifelmaare gesammelt, die unter der Leitung

von Herrn Professor Dr. Voigt vom Zoolog. Institut der Universität Bonn in den Jahren 1910 und 1911 vorgenommen wurde. Es ist mir nicht nur eine „angenehme Pflicht", sondern ein Herzensbedürfnis, meinem verehrten früheren Lehrer, der mich zu dieser Untersuchung aufforderte, nicht nur dafür zu danken, sondern ihn auch meiner dauernden dankbaren Gesinnung zu versichern. Durch die Einführung in die Süßwasserbiologie hat er mir nicht nur für wissenschaftliche Arbeit, sondern noch viel mehr für meine Unterrichtstätigkeit wertvollste Anregungen gegeben. Was dieser selbstlose Mann mir auch sonst durch seine väterlich-freundliche Art gewesen ist, bleibt ihm unvergessen. — Zu meinem lebhaften Bedauern hat sich die Veröffentlichung meiner Untersuchung durch allerlei widrige Umstände verzögert. Herrn Professor Dr. Hesse danke ich sehr, daß er mir durch seine Aufforderung zu einem Beitrag für diese Festschrift den letzten Anstoß gab, sowie für die gütige Erlaubnis, ihm persönlich und dem Zoolog. Institut gehörige Literatur einsehen zu dürfen. Zu besonderem Dank bin ich Herrn Professor Dr. Thienemann, Direktor der biologischen Anstalt in Plön, verpflichtet, der mir seine sämtlichen Planktonfänge und anderes Material zur Verfügung stellte und mir wertvollen Rat lieh. Herrn Professor Dr. Langhans, Direktor der biolog. Station in Hirschberg in Böhmen, bin ich Dank schuldig für seine freundliche Hilfe bei der Bestimmung mehrerer Ceriodaphnia-Arten. Herzlich danke ich auch meiner lieben Frau für ihre unermüdliche Mitarbeit bei der Abschrift dieser Arbeit.

I. Frühere Untersuchungen, Methode der eigenen Untersuchung.

Leydig (30), der Altmeister der Zoologie, tat zum ersten Male im Jahre 1881 der Klein-Tierwelt der Eifelmaare Erwähnung. Die Kraterseen erweckten sein besonderes Interesse, die Eifelbewohner bezeichneten sie als „tote Gewässer"; Leydig konnte indes nachweisen, daß sie das keineswegs waren, sondern daß sie eine mannigfaltige Tiergesellschaft beherbergten. Im Gemündener Maar fischte Leydig kleine

Cyclopiden und *Lynceiden*, ebenso im Schalkenmehrener Maar (*Lynceus lamellatus*); in diesem auch Cypriden, im Kratersee des Mosenberg *Daphnia*, *Lynceus*, *Cyclops*, im Meerfelder Maar *Lynceus lamellatus*. Auch dem Laacher See stattete L. einen Besuch ab und machte dort ähnliche Funde.

Einer Anregung Leydigs folgend, sowie in der Absicht, festzustellen, ob die vollständig abgeschlossenen Wasserbecken der Eifel-Krater auch eine pelagische Fauna enthielten, wie die von ihm schon früher untersuchten Seen Nord- und Mitteldeutschlands, unternahm es Zacharias (54, 55, 56) in den Monaten Juli und August 1888, die niedere Tierwelt der Maare genauer festzustellen. Da es ihm an dem nötigen Fahrzeug fehlte, mußte er sich darauf beschränken, Pulvermaar, Holzmaar und Schalkenmehrener Maar vom Ufer aus abzufischen. Im Gemündener Maar stand ihm ein Boot zur Verfügung, so daß er auch die pelagische Tierwelt untersuchen konnte. Er stellte in dieser folgende Crustaceen fest:

Daphnella brachyura Liév.
Ceriodaphnia megops G. O. Sars
Cyclops strenuus Fischer

in der litoralen Zone außerdem

Pleuroxus truncatus O. F. M.
Acroperus leucocephalus Koch
Cyclops tenuicornis Claus
— *agilis* Koch
Cyclops maarensis Vosseler
— *fuscata* Jur.
Canthocamptus sp.

und als interessantestes Ergebnis

Diaptomus graciloides Lilljeb.

der bis dahin nur in größeren Seen Schwedens und der russischen Halbinsel Kola gefunden war.

Im Pulvermaar entdeckte Z. in der litoralen Zone:

Ceriodaphnia megops G. O. Sars
Scapholeberis mucronata O. F. M.
Acroperus leucocephalus Koch
Alona tenuicaudis G. O. Sars
Pleuroxus truncatus O. F. M.
Cyclops tenuicornis Claus
Cyclops agilis Koch
— *maarensis* Vosseler
Canthocamptus sp.
Cypris fuscata Jur.
— *fasciata* O. F. M.

Im Holzmaar fanden sich

Sida crystallina O. F. M.

und deren rosenrote Varietät

Scapholeberis mucronata O. F. M.
Eurycercus lamellatus O. F. M.
Chydorus sphaericus O F. M.
Cyclops tenuicornis Claus
Cyclops agilis Koch
— *maarensis* Vosseler
Diaptomus castor Jur.

und im Schalkenmehrener Maar:

Sida crystallina O. F. M.
Scapholeberis mucronata O. F. M.
Eurycercus lamellatus O. F. M.

Vosseler (47, 48) bearbeitete die Copepoden dieser Fänge, beschrieb den *Cyclops maarensis* neu (dieser ist mit *C. macrurus* G. O. Sars, der schon seit 1863 bekannt war, identisch). *Diaptomus graciloides*, zunächst von Vosseler *pygmaeus* genannt, war erst 1 Jahr vorher durch Prof. Lilljeborg „nur wenig ausführlich und nicht durch Abbildungen erläutert" beschrieben worden. Indessen gelang es Vosseler durch Vergleich mit sicher bestimmten Tieren, die ihm Prof. Jul. Richard zur Verfügung stellte, die Art als *graciloides* zu identifizieren. Er gibt eine ausführliche Beschreibung des Tieres mit 7 Abbildungen. Des weiteren erwähnt V., daß alle Copepoden des Gemündener Maars stark rot gefärbt waren, am intensivsten der *Diaptomus*. Der Farbstoff war hauptsächlich an Fett gebunden und ließ sich mit Äther ausziehen. Unter den untersuchten Arten waren nur sehr wenig geschlechtsreife Tiere, so daß er Mühe hatte, namentlich bei *Diaptomus* genügend ausgewachsene Tiere zur Bestimmung zu finden. Bemerkenswert findet es V., daß sich der sonst nur in kleinen stehenden Gewässern findende *D. castor* beim Holzmaar in ein relativ großes Becken „gewagt" hat.

Ihre Bevölkerung mit Copepoden verdanken die Maare nach V.'s Meinung wenigstens bei den ganz abgeschlossenen Becken, wie dem Gemündener Maar, ausschließlich der passiven Einwanderung, insbesondere dem Zuzug von Wasservögeln und Insekten.

Im Jahre 1910 begannen die Untersuchungeu der Eifelmaare unter der Leitung von Professor Dr. Voigt (41), bei denen sehr interessante und wichtige Ergebnisse, namentlich in hydrographischer Hinsicht, erzielt wurden. Prof. Thiene-

mann hat in verschiedenen Veröffentlichungen (42, 43, 44) darüber berichtet. Nach ihm lassen sich die untersuchten Maare in 3 Gruppen einteilen: I. Gruppe der tiefen Maare (Pulvermaar 74 m, Weinfelder Maar 51 m, Gemündener Maar 38 m). II. Gruppe der flacheren Maare (Schalkenmehrener Maar 21 m, Holzmaar 21 m, Meerfelder Maar 17 m. III. Das Ulmener Maar 37 m, das durch eine in seiner Tiefe entspringende Mineralquelle eine Sonderstellung einnimmt.

Das Zooplankton, insbesondere die Rädertiere desselben, bearbeitete Dr. Schneider (38), seine Crustaceen bestimmte ich.

Das Plankton wurde mit einem Planktonnetz aus Müllergaze N. 20 mit einem Einflußdurchmesser von 15 cm gefangen, mit Formol konserviert und in konserviertem Zustande (meist in Glyzerinwasser) untersucht. Die Litoraltiere erbeutete ich mit einem Wurfnetz aus Grobleinen oder mit einem kleinen Handnetz, konservierte sie in 4 % Formol und bestimmte sie in 40 % Glyzerinwasser. Zur Bestimmung benutzte ich die bekannten Arbeiten von Keilhack (22), van Douwe (9) sowie Lilljeborg (31).

Im folgenden gebe ich zuerst eine Liste der limnetischen, litoralen und profundalen Copepoden und Cladoceren sämtlicher Eifelmaare, an die sich eine genauere Besprechung der in den Eifelmaaren vorkommenden Tiere anschließen wird. Den Schluß bildet eine Vergleichung der einzelnen Maarfaunen untereinander und mit denen anderer Seen.

II. Listen der Krebsarten sämtlicher Eifelmaare.

Die mit Z bezeichneten sind schon von Zacharias gefunden, die mit L von Leydig.

1. Liste der Planktonkrebse.

A. Copepoden.

1. *Diaptomus gracilis* G. O. Sars
Z 2. — *graciloides* Lilljeb.
Z 3. *Cyclops strenuus* Fischer
4. — *Leuckarti* Claus

B. Cladoceren.

Z 1. *Diaphanosoma brachyurum* Liév.
2. *Daphnia longispina* O. F. Müller var. *longispina* s. str.
3. — *longispina* O. F. Müller var. *hyalina* Leydig
Z 4. *Ceriodaphnia megops* G. O. Sars[1])
5. — *pulchella* G. O. Sars
6. — *quadrangula* O. F. Müller
7. — *quadrangula* var. *hamata* G. O. Sars
8. — *affinis* Lilljeb.
9. — *laticaudata* P. E. Müller
10. — *rotunda* G. O. Sars.
11. *Bosmina longirostris* O. F. Müller
12. *Leptodora Kindtii* Focke[2])

2. Liste der in der Uferzone gefundenen Krebse.

A. Copepoden.

1. *Diaptomus graciloides* Lilljeb.
Z 2. — *castor*[1])
Z 3. *Cyclops fuscus* Jurine
Z 4. — *albidus* Jurine = *C. tenuicornis* Cls
Z 5. — *strenuus* Fischer
6. — *Leuckarti* Claus
7. — *viridis* Jurine
Z 8. — *macrurus* G. O. Sars = *C. maarensis* Vosseler
Z 9. — *serrulatus* Fischer = *C. agilis* Koch
10. — *serrulatus* var. *denticulata* Graeter
11. — *phaleratus* Koch
12. — *fimbriatus* Fischer
13. — *bicolor* G. O. Sars ?
14. *Canthocamptus staphylinus* Jurine
15. — *northumbricus* Brady
16. — *minutus* Claus
17. — (*Attheyella*) *pygmaeus* G. O. Sars

B. Cladoceren.

Z 1. *Sida crystallina* O. F. Müller
2. *Daphnia longispina* O. F. M. var. *longispina* s. str.
Z 3. *Scapholeberis mucronata* O. F. Müller
4. *Simocephalus vetulus* O. F. Müller
Z 5. *Ceriodaphnia megops* G. O. Sars[1])

---

1) Von mir nicht gefunden.
2) Von Thienemann zuerst festgestellt.

6. — *pulchella* G. O. Sars
7. — *quadrangula* O. F. Müller
8. *Bosmina longirostris* O. F. Müller
9. *Lathonura rectirostris* O. F. Müller
L Z 10. *Eurycercus lamellatus* O. F. Müller
11. *Camptocercus rectirostris* Schoedler
Z 12. *Acroperus harpae* Baird
13. *Alona quadrangularis* O. F. Müller
14. — *affinis* Leydig
Z 15. — *tenuicaudis* G. O. Sars
16. — *costata* G. O. Sars
17. — *guttata* G. O. Sars
18. *Rhynchotalona rostrata* Koch
19. *Graptoleberis testudinaria* Fischer
20. *Alonella exigua* Lilljeb.
21. — *nana* Baird
Z 22. *Peracantha truncata* O. F. Müller
23. *Pleuroxus trigonellus* O. F. Müller
24. *Chydorus globosus* Baird
Z 25 — *sphaericus* O. F. Müller.

3. Liste der am Grunde der Maare gefundenen Krebsarten.

1. *Diaptomus graciloides* Lillj. ?
2. *Cyclops albidus* Jurine
3. — *strenuus* Fischer.
4. — *viridis* Jur.
5. — *macrurus* Sars
6. — *serrulatus* Fischer.
7. *Canthocamptus staphylinus* Jur.
8. *Simocephalus vetulus* O. F. M.

4. Von anderen Krebsarten wurden noch festgestellt:

1. *Potamobius astacus* (L.) Edelkrebs.
2. *Carinogammarus Roeselii* Gervais[1])
3. *Argulus foliaceus* L.

Zu den von Leydig bezw. Zacharias in den Maaren gefundenen 7 Copepoden und 9 Cladoceren kommen 11 Copepoden und 23 Cladoceren hinzu, so daß die Gesamtzahl der für die Eifelmaare bis jetzt bekannten Copepoden-Arten 18 und die der Cladoceren-Arten 32 beträgt.

Von diesen sind für das Rheinland neu nur 2 Cladoceren: *Ceriodaphnia affinis* und *C. rotunda.*

1) Von le Roi gefunden.

Die Entomostraken verteilen sich in folgender Weise auf die einzelnen Maare:

Pulvermaar	6	Copepoden	23	Cladoceren
Weinfelder Maar	9	„	15	„
Gemündener Maar	9	„	13	„
Schalkenmehrener Maar	10	„	24	„
Holzmaar	8	„	16	„
Ulmener Maar	6	„	15	„

Im ganzen Rheinland waren bekannt bisher 42 Copepoden und 60 Cladoceren. Die von Farwick (12) genannten Unterarten von *Acroperus* sind nicht als Varietäten, sondern als Formen zu bewerten, ferner ist *D. galeata* nur eine Form, nicht Varietät von *D. hyalina*. Neu dazu kommen aus den Eifelmaaren *Ceriod. affinis* und *C. rotunda*, so daß die Gesamtzahl der *Copepoden* des Rheinlandes z. Zt. 42, die der *Cladoceren* 62 Arten und Varietäten beträgt. Von beiden Ordnungen zusammen (104) kommt also fast die Hälfte (50) in den Eifelmaaren vor.

III. Die einzelnen Maare und ihre Krebsfauna.

1. Pulvermaar.

Meereshöhe 411 m[1]). Umfang 2250 m. Fläche 350000 qm. Größte Tiefe 74 m. Mittlere Böschung 18°.

A. Plankton.

Aus dem Pulvermar standen mir folgende 6 Planktonfänge zur Verfügung, die ich untersuchte: 1910: 9. August; 1911: 15. August, 31. August; 1912: 8. März, 5. Oktober (Vertikalfang), 5. Oktober (Horizontalfang).

1. *Diaptomus graciloides;* 8. März: ♀♀ z. T. mit Spermatophoren, ♂♂. Sehr zahlreich. — 9. Aug.: Massenhaft junge Tiere. — 15. Aug.: Ebenfalls. — 31. Aug.: Ebenso, außerdem ♀♀ mit Spermatophoren und Eiballen mit 2 bis 4 Eiern, ♂♂. — 5. Okt.: In beiden Fällen ebenfalls massenhaft ♀♀ u. ♂♂.

1) Vgl. Thienemann (43) nach Halbfaß.

Diese Art, die von Zacharias 1888 zuerst für Deutschland festgestellt wurde, ist seitdem in zahlreichen andern Gewässern Deutschlands nachgewiesen worden. Im Rheinland fischte sie auch Z. im Kölner Volksgartenweiher (35 a).

Sie ist ferner bekannt von Mittel-, Nord-, Ost- und Süddeutschland, Skandinavien, Finnland, den Alpen, Rußland und Asien. (Tollinger 46). Ihr Verbreitungsgebiet fällt fast mit dem von *Diaptomus gracilis* zusammen; nur geht sie nicht so weit nach Westen; in der Mittelgebirgslandschaft kommt sie nur in beschränktem Maße vor.

2. *Cyclops strenuus f. abyssorum:* 8. März: ♀♀ vereinzelt. 9. Aug.: ♀♀ u. ♂♂ zahlreich. — 15. Aug.: ♀♀ in geringer Zahl. — 5. Okt.: In beiden Fängen ♀♀ z. T. mit Eiballen, ziemlich zahlreich.

3. *Diaphanosoma brachyurum*: 9. Aug.: ♀♀ sehr zahlreich. — 15. Aug.: ♀♀ ziemlich zahlreich. — 31. Aug.: ♀♀ zahlreich. — 5. Okt.: (vertikal) ♀♀ zahlreich, 1 ♀ mit Dauerei, ♂♂, (horizontal) noch zahlreicher.

4. *Ceriodaphnia quadrangula*: 9. Aug.: ♀♀ zahlreich, z. T. mit Ephippium. — 15. Aug.: desgl. — 31. Aug.: desgl., auch ♂♂.

5. *Ceriodaphnia affinis:* 9. Aug.: ♀♀ vereinzelt. — 31. Aug.: desgl.

Da mir die Bestimmung der Plankton-Ceriodaphnien Schwierigkeiten machte — eine Tatsache, die ich bei den Litoral- und Kleingewässer-Arten nicht beobachtet habe — schickte ich eine Reihe von Zeichnungen (Umrißzeichnungen des ganzen Tieres und des Abdomens) an Herrn Professor Dr. V. Langhans in Hirschberg mit der Bitte um sein Urteil. Prof. Langhans hatte die große Freundlichkeit, die Zeichnungen zu prüfen, und hält 2 Abdomina von *Ceriodaphnia* — ♀♀ aus dem Pulvermaar für solche von *affinis* (vgl. Abb. 2). Bei einer Nachprüfung meines Präparates der Art gelang es mir nun auch, das typische Merkmal „die lange Reihe feiner Borsten an den Endkrallen", das nur bei stärkerer Vergrößerung sichtbar ist, zu entdecken, sodaß ich das Vorkommen dieser

Art, trotzdem die Zahl der Analdornen nur 9 statt 10—12 ist, als sicher bezeichnen kann. Die Art ist neu für die Rheinprovinz.

Bemerkenswert ist ihr Vorkommen im Plankton; Lilljeborg schreibt von ihr (31, S. 205): „Immer lebt sie zwischen den Pflanzen an den Ufern.“ Keilhack (21) fand sie in dem Hartwig'schen Material vom Ufer der Havel bei Werder; Langhans (28) stellte sie im Pflanzenwuchs der Zuflüsse zum Hirschberger Großteich fest; da sie an andern Stellen des Teiches fehlt, so gehört sie nach seiner

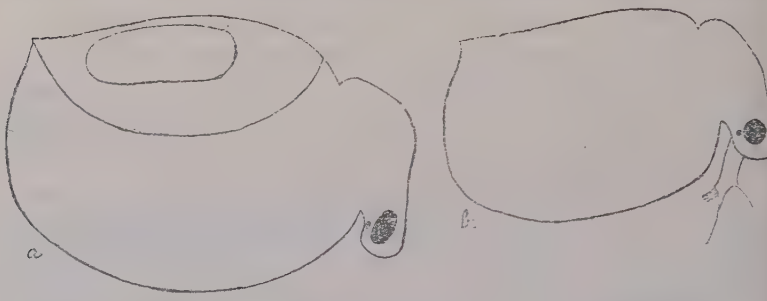


Abb. 1. *Ceriodaphnia rotunda*, Pulvermaar 9. 8. 10.
a. ♀ mit Ephippium $\frac{74}{1}$
b. ♂ $\frac{74}{1}$, c. Postabdomen des ♂ $\frac{150}{1}$

Ansicht zu einer besonderen biologischen Gruppe. Sie zeigte sich von Juni bis September, im August am zahlreichsten. Wagler (50) stellte sie in Sachsen nicht fest. Herr (17) fing einige ♀♀ im Viehwegteich in der Oberlausitz zusammen mit *C. reticulata* und *C. pulchella*. Er hält sie übrigens im Gegensatz zu Keilhack, der sie in seinen „Phyllopoda“ als „vielleicht nur eine große Varietät von *C. quadrangula*“ bezeichnet, durch ihre Größe, den ganzen Habitus und durch die Form des Postabdomens für eine gut von *quadrangula* zu unterscheidende Art.

6. *Ceriodaphnia rotunda:* 9. Aug.: ♀♀ z. T. mit Ephippium, ♂♂, vereinzelt (vergl. Abb. 1). — 31. Aug.: ♀♀ vereinzelt.

Auch diese Art prüfte Prof. Langhans freundlicherweise nach meinen Zeichnungen. Er „möchte zwei Figuren mit ziemlicher Bestimmtheit für *C. rotunda* ansprechen; zwei andre könnten zur selben Art gehören." In meinem Fundprotokoll vom 31. Aug. 11 habe ich notiert: „Kopf unter dem Auge mit 2—3 Stacheln, auch vor demselben, nicht deutlich." Da die Bedornung besonders der Stirne u. a. Teile ein typisches Merkmal der *C. rotunda* ist, so zweifle ich nicht, daß auch diese Art richtig bestimmt ist.

Auch sie ist für das Rheinland neu. Nach Lilljeborg (31) findet sie sich vornehmlich in kleineren Gewässern, kommt aber auch an den Ufern größerer, sowie fließender Gewässer vor. Hartwig und Keilhack (21) stellten sie unter ähnlichen Bedingungen in Brandenburg fest. Langhans (28) entdeckte sie in geringer Zahl an ähnlichen Stellen des Hirschberger Großteiches wie *C. affinis*, stellt sie daher mit *C. affinis* und *C. laticaudata* in dieselbe biologische Gruppe. Er fand sie von Juni bis September, am zahlreichsten im August, Geschlechtstiere vom Juli bis Sept. Wagler (50) fischte sie nur selten an 4 Stellen in Sachsen. Herr (17) fing diese „interessante und schönste Spezies der Gattung" in 5 Gewässern in dichtestem Pflanzenwuchs des Ufers, in denselben Monaten wie Langhans, fand aber ♂♂ schon im Juni.

B. Uferfauna.

Bei unserer Untersuchung des Pulvermaars am 9. Aug. 10 fischte ich am West-, Süd- und Nord-Ufer, (W.-U., S.-U., N.-U.) am 31. Aug. 11 noch am Ostufer. Am Süd- und Ostufer (O.-U.) warf ich vom Lande aus das Wurfnetz auf die offene Wasserfläche, bezw. in die Pflanzenregion, am Nord- und Westufer fing ich mein Material vom Boot aus.

Das Südufer ist vorwiegend sandig; 2 bis 3 m vom Ufer entfernt befindet sich *Myriophyllum* und *Polygonum*. Am Nordufer steht vorwiegend *Phragmites*, am Westufer mehr *Scirpus*, ferner schwimmt dort *Potamogeton* und *Polygonum*.

Copepoden.

1. *Diaptomus graciloides:* O.-U. ♀♀ vereinzelt. — S.-U. desgl.

2. *Cyclops albidus:* W. U. ♀♀ mit Eiballen in geringer Zahl. — S.-U. ♀♀ und ♂♂ zahlreich. — N.-U. ♀♀ vereinzelt. — O.-U. ♀♀ und ♂♂ in geringer Zahl. -- Die Art wird schon von Zacharias genannt.

3. *Cyclops strenuus*: S.-U. ♀♀ forma *abyssorum* vereinzelt.

4. *Cyclops macrurus*: W.-U. ♀♀ mit Eiballen zahlreich. — S.-U. desgl. — N.-U. ♀♀ vereinzelt und junge Tiere, letztere nicht mit Sicherheit bestimmbar. — O.-U ♀♀ vereinzelt.

Diese Art ist für alle Eifelmaare charakteristisch, auch im Laacher See konnte ich sie feststellen, sie wurde (vgl. oben) schon von Zacharias im Pulvermaar gefunden und von Vosseler als *C. maarensis* neu beschrieben. Schmeil stellte m. W. ihre Identität mit *C. macrurus* fest.

Farwick (11) fischte sie in der Bonner Gegend und an einer ganzen Reihe von Oertlichkeiten des Niederrheins; er fand sie mit Ausnahme der eigentlichen Wintermonate das ganze Jahr hindurch. Graeter (16) fand das Tier bei Basel nur einmal; es ist, wie dieser Forscher angibt, über ganz Europa verbreitet und geht über Rußland nach Asien hinaus und ist, wie sein Vorkommen in Südamerika beweist, trotz seines Charakters als Warmwasserform, ein ausgeprägter Kosmopolit.

Es hält sich nach Steck und Hartwig mit Vorliebe in mit Schilf bewachsenem Wasser auf. Wolf (52a) wies die Art in Württemberg nur an 3 Oertlichkeiten nach, konnte infolgedessen keine näheren Untersuchungen über ihre Fortpflanzungstätigkeit anstellen.

5. *Cyclops serrulatus*: S.-U. ♀♀ in geringer Zahl. — O.-U. ♀♀ mit Eiballen und ♂♂, zahlreich. Leider wurde mir die Bestimmungstabelle der Unterarten (Klie (25) S. 225)

dieses *Cyclops* erst bekannt, als ich mein Material schon untersucht hatte. Nach Obermayer (32) im Vierwaldstätter See der häufigste *Cyclops*.

6. *Canthocamptus northumbricus:* O.-U. 1 ♀, mit Sicherheit erkannt. — Dieser Harpacticide ist für die Eifelmaare neu. Bei Bonn wurde er von mir (34) nicht gefunden. Farwick (11) stellte die Art zuerst für das Rheinland fest (de Witt-See bei Kaldenkirchen). Schmeil (37) fand das Tier in zwei Gewässern bei Eisleben und im Schulensee bei Kiel; Brady (37) hat die Art, die er in Northumberland entdeckte, zuerst beschrieben. Herrick (37) gibt sie von Nordamerika an. Graeter (16) fand sie auch nur an 1 Stelle der Baseler Umgebung. Sein Fundort ist deshalb von Interesse, weil der Teich, der die Art beherbergt, im Winter trocken liegt, und van Douwe die Beobachtung gemacht hat, daß *C. northumbricus* die Fähigkeit besitzt, das Eintrocknen eines Sumpfes zu überdauern. Wolf (52a) fand sie in Württemberg nur in Torfmooren in größerer Zahl; er gibt 12 verschiedene Fundorte an und fischte die Art von März bis zum Oktober, am häufigsten im Frühjahr und Herbst; den Winter verbringt sie wahrscheinlich im Ruhezustand. Klie (23a) führt die Art in seiner Harpacticiden-Liste von Nordwestdeutschland merkwürdigerweise nicht an. Brehm (7) teilt mit, daß er unser Tier fast in jeder Artenliste aus Nord-, Mittel- und Süddeutschland gefunden und nur in der von mir für die Bonner Umgegend vermißt hat.

Cladoceren.

1. *Daphne longispina* var. *longispina* s. str.: O.-U. Ein verletztes Exemplar (♀ *forma litoralis*) und 1 junges Tier. Auf Grund dieser beiden Funde möchte ich das Vorkommen der Art nicht für völlig sicher halten.

2. *Scapholeberis mucronata:* W.-U. ♀♀ mit 4 und 8 Embryonen, letzteres mit hohem Rücken, in geringer Zahl. — O.-U. ♀♀ mit 5—10 Embryonen, 1 ♀ mit Ephippium, sehr zahlreich. Schon von Zacharias festgestellt.

3. *Simocephalus vetulus:* W.-U. ♀♀ in geringer Zahl. — S.-U. ♀♀ vereinzelt. — N.-U. ♀♀ desgl. — O.-U. 1 junges ♀.

4. *Ceriodaphnia quadrangula:* W.-U. 1 Ephippial-♀. — O.-U. ♀♀ vereinzelt. — Ist im Pulvermaar vor allem Planktont.

5. *Lathonura rectirostris:* O.-U. 1 ♀ mit 5 Embryonen; die Vorderfühler fehlten.

Die Art wurde bei Bonn noch nicht gefunden; sie wurde für das Rheinland zuerst von mir (35) in der Uferzone des Laacher Sees festgestellt; auch am Niederrhein fischte ich (35a) sie; Farwick (12) fügte meinen zwei Fundorten 1 weiteren hinzu.

6. *Eurycercus lamellatus*: W.-U. ♀♀ in geringer Zahl. — S.-U. ♀♀ z. T. mit vier Embryonen, ziemlich zahlreich. — N.-U. ♀♀ vereinzelt. — O.-U. ♀♀ in geringer Zahl.

7. *Camptocercus rectirostris:* S.-U. ♀♀ (1,05 mm lang) z. T. mit Embryonen, ziemlich zahlreich. — N.-U. ♀♀ vereinzelt.

Diese Art wurde bei Bonn noch nicht gefunden. Farwick (12) stellte sie zuerst für die Rheinprovinz fest, er entdeckte sie im Harrick-See ebenfalls in der Uferzone und zwar in beiden Geschlechtern (20. Okt. 13).

Nach Keilhack (21) ist die Art nicht selten in der Mark Brandenburg; sie bevorzugt entschieden die Seen des Gebietes; das ♂ wurde noch nicht beobachtet. Weigold (51) fand die Art im Freistaat Sachsen vornehmlich am Ufer größerer Gewässer, aber auch in kleinen Teichen und Lachen. Geschlechtstiere beobachtete er im Juli und September und hält infolgedessen die Art im Gegensatz zu Weismann für dizyklisch. Langhans (28) nennt unsere Art eine „ökologisch besonders interessante Form"; er fand sie in jeder Art Milieu des Hirschberger Großteiches, im dichtesten Pflanzenwuchs nicht häufiger als auf sterilem Sand- und Steinboden; auch auf Tiefenschlamm scheint sie zu leben. Im schroffen Gegensatz zu dieser scheinbaren Anspruchslosigkeit steht ihr örtlich durchaus beschränktes Vorkommen im Teich. Sie wurde in den Monaten April bis August beobachtet. Geschlechtstiere zeigten sich im Juli und August (vgl. oben Farwicks Fest-

stellung). Herr (17) gibt die Art für die Oberlausitz als weit verbreitet und als charakteristisch für die Uferzone der Fischteiche an; vereinzelt fand er sie in Mooren und Tümpeln. Sie trat von April bis zum November auf. Aus den Funden der Geschlechtstiere von Juli bis November zieht er einen doppelten Schluß: Dizyklie, deren Grenzen verwischt sind oder Monozyklie, die sich über fünf Monate verzettelt. Klie (24) führt sie vom „Alten Hafen" bei Bremerhaven an, Kuttner (26) meldet die Art von der Uferzone des Bodensees, Almeroth (1) beobachtete sie schwarmbildend im Litoral des Genfer Sees, Obermayer (32) rechnet sie zu den Stein- und Schlammformen des Vierwaldstättersees.

8. *Acroperus harpae:* W.-U. ♀♀, deren Schalenhöhe 62 % und 64 % (ein junges ♀ sogar 70 %) der Länge betragen, die also zur Unterart *harpae* s. str. zu rechnen sind; ferner ♀♀, deren Höhe nur 54 bis 58 % der Länge haben, also zur Unterart *angustatus* gehören. Zahlreich. — S.-U. ♀♀ zahlreich. — N.-U. ♀♀ vereinzelt. — O.-U. ♀♀ desgl.

Vergl. weitere Angaben beim Weinfelder Maar.

Die Art wurde schon von Zacharias gefunden.

9. *Alona affinis:* Im Gegensatz zu Hartwig (21), Keilhack (21) und Weigold (51) möchte ich diese Form als gut erkennbare Art und nicht als Varietät führen; Übergänge habe ich zwischen dieser und der *quadrangularis* weder bei Bonn noch am Niederrhein beobachten können, ebenso im Material der Eifelmaare nicht; überhaupt ist mir die Variabilität beider Arten nicht besonders aufgefallen. Auch Langhans (28) hält *affinis* als besondere Art aufrecht. Ebenso konnte sich Herr (17) „nicht entschließen", *affinis* als besondere Art aufzugeben. Er begründet seinen Standpunkt, indem er vor allem fünf wesentliche Merkmale anführt, die eine Unterscheidung der beiden Arten gestatten.

W.-U. 1 Abdomen (♀). — S.-U. ♀♀ in geringer Zahl. — N.-U. ♀♀ vereinzelt.

Nach Obermayer (32) im Vierwaldstättersee die häufigste Cladocere, namentlich im Schlamm.

10. *Alona tenuicaudis:* N.-U. ♀♀ vereinzelt. — O.-U. ♀♀ mit Embryo ebenso. — Ebenfalls schon von Zacharias in seiner Liste aufgeführt.

11. *Alona costata:* W.-U. ♀♀ mit und ohne Embryo, mit niedrigem und hohem Rücken, in geringer Zahl. — S.-U. ♀♀ mit hohem Rücken, ebenso. — N.-U. ♀♀ vereinzelt.

12. *Alona guttata* forma *tuberculata:* N.-U. ♀♀ mit Embryo, vereinzelt. Schon bei Bonn beobachtet, wenn auch nicht als besondere Form aufgestellt; Farwick (12) stellte sie auch am Niederrhein fest. Nach Herr (17) ist sie eine Schlammform.

13. *Rhynchotalona rostrata:* N.-U. ♀♀ vereinzelt. — O.-U. ♀♀ ebenso. — Bei Bonn noch nicht gefunden; die Art wurde zuerst von mir (35a) für das Rheinland von Haus Velde bei Kempen am Niederrhein festgestellt. Gehört nach Obermayer (32) zu der „Sandfauna" des Litorals des Vierwaldstättersees.

14. *Graptoleberis testudinaria:* N.-U. ♀♀ mit Embryo, vereinzelt.

15. *Alonella exigua:* W.-U. ♀♀ vereinzelt. — S.-U. desgl. — N.-U. desgl.

16. *Alonella nana:* W.-U. 1 ♀ 0,09 mm lang (nach Keilhack (22) 0,26 mm). — N.-U. ♀♀ vereinzelt.

17. *Peracantha truncata:* W.-U. ♀♀ zahlreich. — S.-U. desgl. — N.-U. ♀♀ vereinzelt. — O.-U. ♀♀, z. T. mit zwei Embryonen, zahlreich.

Ist schon von Zacharias festgestellt worden.

18. *Chydorus globosus:* S.-U. ♀♀, z. T. mit zwei Embryonen, vereinzelt; nur 0,58 mm lang (Keilhack (22) 0,8 bis 0,9 mm).

19. *Chydorus sphaericus:* W.-U. ♀♀ in geringer Zahl. — S.-U. ♀♀ z. T. mit zwei Embryonen, ebenso. — N.-U. ♀♀ vereinzelt. — O.-U. 1 ♀.

Zacharias gibt für das Pulvermaar noch die *Ceriodaphnia megops* an, die ich nicht fand. Zu den von diesem Forscher angegebenen 1 Copepoden und 5 Cladoceren kommen somit noch 5 Copepoden und 18 Cladoceren hinzu,

so daß die Gesamtzahl beider (die Planktonkrebse mitgerechnet) jetzt 6 bezw. 23 beträgt. Erwähnen will ich auch, daß ich am Ostufer *Argulus foliaceus* in vereinzelten Exemplaren antraf.

2. Weinfelder Maar.

Meereshöhe 484 m. — Umfang 1525 m. — Fläche 168000 qm. — Größte Tiefe 51 m. — Mittlere Böschung 19°.

A) Plankton.

Die von mir untersuchten Fänge stammen von folgenden Daten: 1910, 3. April (vom Ufer aus), 8. Aug.; 1912, 4. Okt. (vom Ufer aus).

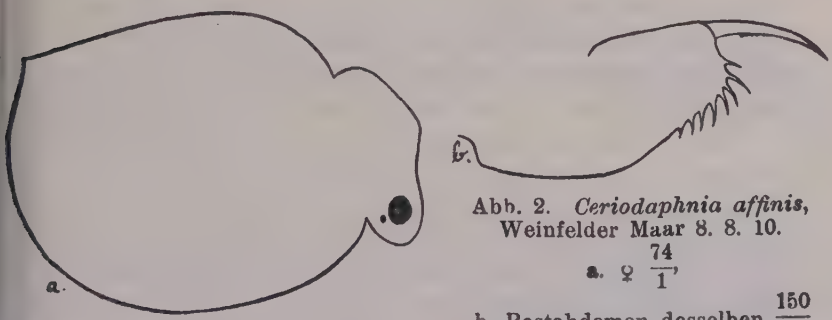


Abb. 2. *Ceriodaphnia affinis*, Weinfelder Maar 8. 8. 10.
a. ♀ $\frac{74}{1}$.
b. Postabdomen desselben $\frac{150}{1}$

1. *Diaptomus graciloides:* 3. April: ♀♀ und ♂♂ vereinzelt. — 8. August: ♀♀ z. T. mit 4 Eiern im Ballen und ♂♂, zahlreich. — 4. Oktober: ♀♀ und ♂♂, zahlreich.

2. *Cyclops albidus:* 4. Oktober: ♀♀ jung, vereinzelt, nicht sicher bestimmbar, stammen wohl aus der Uferzone.

3. *Cyclops strenuus* forma *abyssorum:* 8. August: ♀♀ und ♂♂ in geringer Zahl. — 4. Oktober: ♀♀, auch junge, vereinzelt.

4. *Diaphanosoma brachyurum:* 8. August: ♀♀ trächtig. — 4. Oktober: ♀♀ ziemlich zahlreich, 1 ♀ mit Dauerei, ♂♂ vereinzelt.

5. *Ceriodaphnia quadrangula:* 8. August: ♀♀ ziemlich zahlreich, einzelne mit Ephippium, ♂♂. — 4. Oktober: 1 ♀ jung.

6. *Ceriodaphnia affinis:* 8. August: ♀♀ vereinzelt (vergl. Abb. 2). — Nach Professor Langhans wahrscheinlich; jedenfalls entspricht das Abdomen (Abb. 2b) dem dieser Art. Die Größe eines Weibchens beträgt allerdings nur 0,72 mm, während Keilhack 1—1,4 angibt.

7. *Ceriodaphnia rotunda:* 8. August: 1 junges ♂, das nach Professor Langhans wahrscheinlich zu dieser Art gehört.

8. *Acroperus harpae:* 4. Oktober: ♀♀ vereinzelt, stammt wie *Cyclops albidus* sicherlich aus der Uferregion.

B) Uferfauna.

Ein schmaler Pflanzengürtel (vergl. mittlere Böschung), der nur an wenigen Stellen unterbrochen ist und sich zumeist aus Binsen *(Scirpus lacustris* und *palustris)*, an einigen Stellen auch aus *Polygonum amphibium* zusammensetzt, zieht sich am Ufer entlang; auch Algenwatten finden sich zwischendurch.

Am 8. und 12. August fischte ich die Uferzone ringsherum ab.

Copepoden.

1. *Diaptomus graciloides:* ♀♀ mit Spermatophoren, ♂♂ z. T. jung, in geringer Zahl.

2. *Cyclops albidus*: ♀♀ mit Eiballen in geringer Zahl.

3. *Cyclops strenuus:* ♀♀ forma *abyssorum* in geringer Zahl.

4. *Cyclops macrurus:* ♀♀ mit Eiballen, z. T. 8 Eier enthaltend, ♂♂, zahlreich.

5. *Cyclops serrulatus:* ♀♀ mit Eiballen, ♂♂, ziemlich zahlreich.

6. *Cyclops serrulatus* var. *denticulata:* ♀♀ vereinzelt. Die Zähnelung am letzten Gliede der Antenne in der proximalen Hälfte wurde deutlich erkannt, an der rechten Antenne beobachtete ich mehr Zacken. Das 5. Füßchenpaar war wie das von *macrurus.* (Graeter sieht in der var. *denticulata* eine Übergangsform zwischen *serrulatus* und *macrurus.)* Die Furkaläste waren fast so lang wie die drei letzten Abdominalsegmente. Beim nachträglichen Vergleich mit der Bestimmungstabelle der *serrulatus*-Formen von Sars (vergl. Klie [25])

fällt mir auf, daß die oben angeführten Merkmale (Zähnelung des Hautsaumes und Länge der Furkaläste) auf den von Sars beschriebenen *Leptocyclops Lilljeborgi* passen. Ob es sich tatsächlich um diese Form handelt, kann ich z. Zt. nicht nachprüfen.

7. *Canthocamptus minutus:* ♀♀ vereinzelt.

8. *Canthocamptus pygmaeus*, Syn: *Attheyella pygmaea:* 1 ♂. — Kommt bei Bonn vornehmlich in Sumpfgewässern vor (4 Funde im ganzen), Farwick (11) fand die Art 31 mal auf beiden Seiten des Rheines zwischen Bonn und Cleve; sie bevorzugt pflanzenreiche Gewässer.

Cladoceren.

1. *Simocephalus vetulus:* ♀♀ vereinzelt.

2. *Ceriodaphnia quadrangula:* ♀♀ zumeist mit Dauerei bezw. beginnender Dauereibildung; auch freie Ephippien; ziemlich zahlreich.

3. *Eurycercus lamellatus:* ♀♀, auch junge, vereinzelt.

4. *Camptocerus rectirostris:* ♀♀ mit 1 Embryo, an var. *biserratus* anklingende Formen (Länge 1,2 mm), in geringer Zahl.

5. *Acroperus harpae:* ♀♀ Unterart *harpae* s. st. Höhe mehr als 60 % der Länge betragend, z. T. mit 2 Embryonen. — ♀♀ Unterart *angustatus*. Höhe weniger als 58 % der Länge betragend. — ♀♀ Unterart *neglectus*, bei der die Vorderfühler die Schnabelspitze erreichen. Sehr zahlreich in allen Unterarten und Übergangsformen. Unter 50 von mir gemessenen Formen waren 11, deren Schalenhöhe mehr als 60 % der Körperlänge, 19, deren Höhe weniger als 58 % und 20, deren Höhe zwischen 58 % und 60 % der Körperlänge betrug. Die Prozentzahlen schwankten zwischen den Extremen 66 % (1 Tier) und 55 % (3 Tiere), die absolute Länge zwischen 0,429 und 0,825 mm. Die Art ist also auch im Maar ähnlich wie bei den Bonner Vorkommen sehr variabel; den Ansichten Keilhacks (21), Weigolds (51), Langhans (28) und Herrs (17), die die verschiedenen Formen wegen der außerordentlichen Variabilität zu einer Art zusammenziehen, stimme ich vollkommen bei. Auch eine Be-

ziehung zwischen Wachstum und Schalenhöhe, insofern die älteren Tiere relativ niedriger und schmäler sind, wie ich das bei Tieren der Bonner Gegend konstatierte, scheint nicht zu bestehen: unter zwei fast gleich langen Tieren ist das eine die relativ höchste und das andere die relativ niedrigste Form. Die Variabilität ist demnach, wie es scheint, ganz regellos. Nur eingehende experimentelle Untersuchungen können hier Klarheit schaffen.

6. *Alona affinis:* ♀♀ mit 2 Embryonen. — ♀♀ in Ephippiumbildung begriffen und solche mit Dauerei. Zahlreich.

7. *Alona costata:* ♀♀ mit und ohne Dauerei; auch solche mit Ephippiumbildung ohne Ei. 1 ♂. Zahlreich.

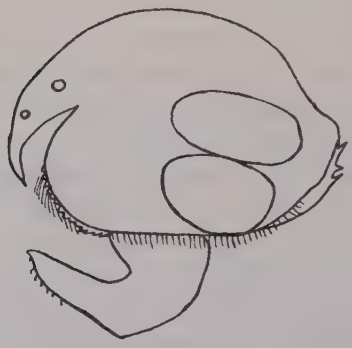


Abb. 3.
Peracantha truncata,
Weinfelder Maar 8. 8. 10.
♀ mit Mißbildungen $\frac{74}{1}$

8. *Alona guttata f. tuberculata:* ♀♀ blaß und klein. Vereinzelt.

9. *Graptoleberis testudinaria:* ♀♀ vereinzelt.

10. *Alonella exigua:* ♀♀ vereinzelt.

11. *Peracantha truncata:* ♀♀ zahlreich. — Ein Exemplar mit anormalem Schalenhinterrand (Abb. 3), (nur drei Zähne an der rechten, keine an der linken Schale) und verkümmertem Hinterkörper.

12. *Chydorus sphaericus*: ♀♀ vereinzelt.

C) Grundfauna.

Die Tiere des Grundes der Eifelmaare verdanke ich ebenfalls Herrn Professor Thienemann, der sie mit Schlammproben an das Tageslicht beförderte.

1. *Cyclops strenuus:* 1 ♀, Form nicht näher bestimmbar, aber wahrscheinlich *abyssorum*, da diese auch im Plankton und in der Uferregion vorkommt. Im Vierwaldstättersee nach Zschokke (60) in 21—120 m Tiefe; ebenso im Genfer See am Grunde und im Thuner See in 35—100 m Tiefe festgestellt.

2. *Cyclops viridis:* 1 ♀, sonst im Maar nicht beobachtet. Nach Zschokke im V. W. S. in 25—214 m, „der einzige in der subalpinen Seetiefe regelmäßig und oft massenhaft auftretende Spaltfußkrebs". Genfer See, Lac de Joux, Hallwiler See, Brienzer- und Thuner See, Bodensee (var. *caecus*), in großer Tiefe der schottischen „Lochs". Graeter hat ihn auch als Höhlencopepoden gefunden. Dazu paßt die neuere Beobachtung Ziegelmayers (58), der diesen Allerwelts-Copepoden mit *C. serrulatus*, *C. fimbriatus* und Harpacticiden zusammen in Wettersümpfen 800 m unter der Erde entdeckte.

3. *Simocephalus vetulus:* 1 ♀, ziemlich großes Exemplar; auch in der Uferzone. — Nach Zschokke gelegentlich in der Tiefenregion der subalpinen Seen (Lac d'Annecy, Campfèrsee, Thuner See in 35 m Tiefe).

Zu den 9 Copepoden und 12 Cladoceren der Uferzone bezw. des Grundes kommen noch 3 Cladoceren des Planktons *(Diaph. brach., Ceriod. affinis* und *Ceriod. rotunda?)*, so daß die Gesamtzahl 9 Copepoden und 15 Cladoceren beträgt; sämtliche Entomostraken sind für das Weinfelder Maar neu.

3. Gemündener Maar.

Meereshöhe 407 m. — Umfang 975 m. — Fläche 72000 qm. — Größte Tiefe 38 m. — Mittlere Böschung 18°.

A) Plankton.

Es standen mir Planktonfänge von folgenden Daten zur Verfügung: 1910, 3. April, 11. Aug.; 1911, 28. Aug.; 1912, 7. März, 4. Okt.

1. *Diaptomus graciloides*: 7. März: ♀♀ z. T. mit 2 Eiern, 1 ♀ mit Spermatophoren, ♂♂. Sehr zahlreich. Die einzige Krebsart dieses Fanges. — 3. April: nur Panzerreste. — 11. August: vornehmlich junge Tiere, massenhaft. Erwachsene

♀♀ mit 1 oder 2 Eiern im Ballen, vereinzelt, 1 ♂. — 28. August: junge Tiere massenhaft. — 4. Oktober: ♀♀ und ♂♂ sehr zahlreich.

2. *Cyclops strenuus* f. *abyssorum:* 7. März: ♀♀ vereinzelt. — 11. August: ♀♀, ♂♂ und junge Tiere in geringer Zahl. — 28. August: desgleichen.

3. *Diaphanosoma brachyurum:* 11. August: ♀♀ mit Embryonen, ziemlich zahlreich. — 28. August: ebenfalls. — 4. Oktober: ♀♀, ♂♂ zahlreich, 1 ♀ mit Dauerei.

4. *Ceriodaphnia quadrangula*: 11. August: ♀♀, 1 mit Ephippium, ziemlich zahlreich.

5. *Ceriodaphnia affinis:* 11. August: ♀♀, 0,91 und 0,93 mm groß, 2 ♀♀ mit Ephippium, vereinzelt. Nach Prof. Langhans wahrscheinlich, nach meinem Fundprotokoll, in dem die Börstchenreihe an den Endkrallen erwähnt wird, wohl als sicher zu bezeichnen, wenn auch am Abdomen nur 7—9 Analdornen gezählt wurden. — 28. August: ♀♀, 0,84 und 0,93 mm lang; am Abdomen 10 Stacheln.

6. *Ceriodaphnia rotunda:* 11. August. Das Postabdomen einer *Ceriodaphnia* möchte Prof. Langhans mit „ziemlicher Bestimmtheit“ zu *C. rotunda* rechnen.

B) Uferfauna.

Das untersuchte Material fischte ich vom Ufer aus am 11. August 1910 und am 28. August 1911. An diesen Daten nur am Südufer. Einen Fang vom 7. März 1912 verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Professor Thienemann, der ihn aus $^1/_2$ m Tiefe zwischen Characeen bei 4,2° Celsius Wassertemperatur in der Nähe der Badestelle hatte.

Copepoden.

1. *Diaptomus graciloides:* 11. August: ♀♀ vereinzelt. — 28. August: wenige junge Exemplare.

2. *Cyclops albidus*: 7. März: ♀♀ mit Eiballen, vereinzelt. — 11. August: ♀♀ vereinzelt. — 28. August: junge ♀♀ in geringer Zahl. — Schon von Zacharias angegeben.

3. *Cyclops strenuus;* 28. August: 1 ♂ f. *abyssorum.*

4. *Cyclops viridis*: 7. März: 1 junges ♀; das Dörnchen am 2. Glied des 5. Fußpaares kaum erkennbar!

5. *Cyclops macrurus:* 7. März: ♀♀ mit Eiballen in geringer Zahl. — 11. August: desgl. — 28. August: ♀♀ desgl. — Auch von Zacharias gefunden.

6. *Cyclops serrulatus:* 7. März: ♀♀ z. T. mit Eiballen, ♂♂. Furkaläste auffallend lang. — 11. August: ♀♀ in geringer Zahl. — 28. August: desgl. — Ebenfalls von Zacharias gesammelt.

7. *Cyclops bicolor?:* 7. März: 1 junges ♀ mit nur 10 Antennengliedern. Muß als nicht völlig sicher bezeichnet werden.

8. *Canthocamptus staphylinus:* 7. März: ♀♀ mit Eiballen und Spermatophoren.

Cladoceren.

1. *Ceriodaphnia quadrangula*: 11. August: ♀♀ vereinzelt; kommt vornehmlich im Plankton vor.

2. *Camptocercus rectirostris*: 28. August; ♀♀ mit Embryonen, in geringer Zahl.

3. *Acroperus harpae:* 11. August: ♀♀ Unterart *harpae* s. str. mit Embryonen, zahlreich. 28. August: ♀♀ Unterart *angustatus* mit Embryonen, desgl. — Von Zacharias schon festgestellt.

4. *Alona affinis:* 11. August: ♀♀ z. T. mit Embryonen, ziemlich zahlreich. — 28. August: ♀♀ vereinzelt.

5. *Alona costata:* 11. August: ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen. auch junge Tiere, zahlreich. — 28. August: ♀♀ z. T. mit Embryonen, vereinzelt.

6. *Graptoleberis testudinaria:* 11. August: ♀♀ vereinzelt. — 28. August: 1 ♀ mit Embryonen.

7. *Peracantha truncata:* 11. August: ♀♀ z. T. mit Embryonen, ziemlich zahlreich. — 28. August: ♀♀ z. T. mit Embryonen, sehr zahlreich. — Auffallend war die große Variabilität in der Körperform; die Abbildungen 4a und 4b stellen zwei verschiedene Formen dar, eine kürzere, höhere und eine längere, niedrigere Form. Lilljeborg (31) und Keilhack (21)

betonen wohl eine jahreszeitliche Veränderlichkeit der Art. Herr (17) stellte eine Variabilität in der Farbe, der Zahl und der Größe der Zähne am Hinterrande der Schale fest; von einer individuellen Variation der ganzen Form des Tieres fand ich keine Bemerkung in der Literatur. — Auch schon von Zacharias gefunden.

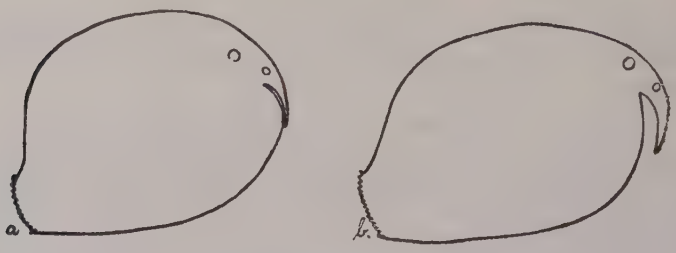


Abb. 4. *Peracantha truncata*, Gemündener Maar, a. breite, b. schmale Form $\frac{74}{1}$

8. *Chydorus globosus:* 28. August: ♀♀ jung, vereinzelt.

9. *Chydorus sphaericus:* 11. August: ♀♀ in geringer Zahl. — 28. August: desgleichen.

C. Grundfauna.

In den Moosrasen der Tiefe wurden am 11. August 1910 festgestellt:

1. *Cyclops albidus:* 1 verletztes ♀ und 1 junges Tier; nicht mit Sicherheit erkannt. Nach Zschokke (60) im V.-W.-S. 35 m, im Neuenburger See 20 m, Brienzer See 60 m, Thuner See 35 m tief gefunden. — Ziegelmayer (59) traf die Art stets stark mit *Beggiatoa* bewachsen, 780 m unter der Erde, in der Grube Camphausen an.

2. *Cyclops strenuus* f. *abyssorum:* ♀♀ vereinzelt.

3. *Cyclops viridis:* ♀♀ vereinzelt.

4. *Cyclops macrurus:* ♀♀ vereinzelt. — Diese Art ist in der Tiefenregion anderer untersuchter Seen bisher nicht gefunden.

5. *Cyclops serrulatus:* ♀♀ vereinzelt. — Kommt nach Zschokke auch im Neuenburger See 20 m, Brienzer See und Thuner See 75 m tief vor.

6. *Canthocamptus staphylinus*: ♀♀ vereinzelt. — Das Vorkommen dieser von Wolf als Winterform bezeichneten Art in der Tiefe ist von besonderem Interesse; im Frühjahr (7. März) erscheint sie in der Uferzone in lebhafter Fortpflanzung begriffen. (Vergl. oben.) Sie wandert also, wie es scheint, wenn die Temperatur des Oberflächenwassers steigt, vom Ufer in die Tiefe. Zschokke nennt diese Art auch für den Genfer See, in dem sie nach Forel bis zu 300 m Tiefe hinabsteigen soll. Ferner im Neuenburger See, See Le Roux, im Schlamm aller Tiefen.

Die Zahl der im Gemündener Maar gefundenen Copepoden beträgt 8, die der Cladoceren 9; dazu kommen noch 3 Cladoceren (*Diaph. brach.*, *Ceriod. affinis* und *rotunda)* aus dem Plankton, sowie die von Zacharias, aber nicht wieder von mir festgestellten *Cyclops fuscus* und *Ceriod. megops*, so daß die Gesamtzahl 9 Copepoden und 13 Cladoceren beträgt.

4. Schalkenmehrener Maar.

Meereshöhe 421 m. — Umfang 1775 m. — Fläche 216000 qm. — Größte Tiefe 21 m. — Mittlere Böschung 7°.

A) Plankton.

Infolge Raummangels bin ich leider gezwungen, die eingehendere Besprechung des Planktons, das in diesem Maar über zwei Jahre lang fast regelmäßig in jedem Monat einmal gefischt wurde, zurückzustellen. Sie wird im nächsten Jahrgang erscheinen.

Zur Vervollständigung des Faunenbildes gebe ich daher jetzt nur eine Liste der Planktonkrebse:

1. *Diaptomus graciloides.*
2. *Cyclops strenuus f. abyssorum.*
3. *Cyclops Leuckarti.*
4. *Diaphanosoma brachyurum.*
5. *Daphnia longispina var. hyalina f. lacustris.*

6. *Ceriodaphnia pulchella.*
7. „ *quadrangula.*
8. „ *quadrangula var. hamata.*
9. „ *laticaudata.*
10. *Bosmina longirostris f. typica* und *f. brevicornis.*
11. *Leptodora Kindtii.*

B. Uferfauna.

Am ganzen Ufer zieht sich eine schmale Pflanzenzone hin (*Scirpus* oder *Phragmites*; an einigen Stellen *Polygonum amphibium* und *Potamogeton*), an der Ostseite liegt ein Sumpfgebiet, das indessen von mir nicht untersucht wurde. Sonst fischte ich die ganze Uferzone vom Lande aus mit Wurfnetz am 10. Aug. 10 ab.

Copepoden.

1. *Cyclops albidus*: ♀♀ z. T. jung, ♂♂, zahlreich.

2. *Cyclops Leuckarti:* ♀♀ in geringer Zahl; als Plankontier hauptsächlich vertreten.

3. *Cyclops macrurus*: ♀♀, 1 ♀ mit 1 Eiballen, sehr zahlreich.

4. *Cyclops serrulatus*: ♀♀ in geringer Zahl.

5. *Cyclops phaleratus:* ♀♀ in geringer Zahl. — Dieser an kriechende Lebensweise angepaßte Copepode wurde nur im Schalkenmehrener Maar gefunden.

6. *Cyclops fimbriatus:* ♀♀ vereinzelt; auch dieser Copepode mit kriechender Lebensweise wurde nur im Schalkenm. Maar festgestellt. Nach Graeter (16) ein Tier, das sich in pflanzenreichem, bewegtem Wasser besonders heimisch fühlt; wurde aber auch in stehendem Wasser am Grunde oder in dichter Vegetation gefunden. — Während ich ihn bei Bonn nur an einer Oertlichkeit beobachtete, stellte ihn Farwick (11) in der Bonner Umgegend und am Niederrhein in 26 Gewässern jeder Art fest. Gehört nach Obermayer (32) zur „Sand- und Schlammfauna" des Ufers vom Vierwaldstättersee und zeigt sich auch im Sublitoral.

7. *Cyclops bicolor?:* 1 ♀ jung mit nur 10 Antennengliedern. — Ebenfalls nicht mit völliger Sicherheit feststellbar.

8. *Canthocamptus minutus:* ♀♀ vereinzelt.

Cladoceren.

1. *Sida crystallina:* ♀♀ z. T. mit 3 Embryonen, zahlreich. — Von Zacharias ebenfalls festgestellt.

2. *Scapholeberis mucronata*: ♀♀, forma *cornuta,* in geringer Zahl. Auch von Zacharias gefunden.

3. *Simocephalus vetulus*: ♀♀ jung, vereinzelt.

4. *Ceriodaphnia pulchella*: ♀♀ mit 2 Embryonen, vereinzelt. — Im Plankton hauptsächlich vertreten.

5. *Eurycercus lamellatus:* ♀♀ jung, in geringer Zahl. — Ebenfalls von Leydig und Zacharias gefischt.

6. *Camptocercus rectirostris:* ♀♀ vereinzelt. — 1 Ephippium (vergl. Abb. 5), wahrscheinlich zu dieser Art gehörig.

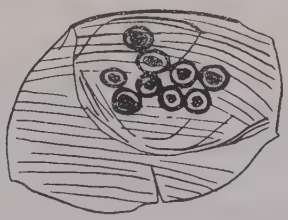


Abb. 5.
Camptocercus rectirostris?
Ephippium. Schalkenmehrener Maar 10. 8. 10. $\frac{74}{1}$

7. *Acroperus harpae:* ♀♀ Unterart *harpae* s. str. — ♀♀ Unterart *angustatus* z. T. mit Uebergangsformen. Sehr zahlreich.

8. *Alona quadrangularis:* ♀♀ z. T. mit Embryonen, vereinzelt.

9. *Alona affinis:* ♀♀ z. T. mit Embryonen, zahlreich.

10. *Alona tenuicaudis:* ♀♀ in geringer Zahl.

11. *Alona costata:* ♀♀ z. T. mit Emb., z. T. jung. Sehr zahlreich. Körperform variabel, die Abb. 6a und b geben die beiden Extreme, zwischen denen die Formen schwanken, wieder.

12. *Alona guttata:* ♀♀ vereinzelt.

13. *Alonella exigua:* ♀♀ z. T. mit Embryonen, vereinzelt.

14. *Alonella nana:* ♀? z. T. mit Embryonen, zahlreich.
15. *Peracantha truncata:* ♀♀ mit Embryonen, zahlreich.
16. *Fleuroxus trigonellus:* ♀♀ vereinzelt.
17. *Chydorus sphaericus:* ♀♀ z. T. mit Embryonen; in geringer Zahl. Ferner *Argulus foliaceus* in mehreren Exemplaren.

Abb. 6. *Alona costata*, Schalkenmehrener Maar 10. 8. 10. a. schmale, b. breite Form.

C. Grundfauna.

Im Grundschlamm des Maares vom 7. August 10 wurde gefunden:

1. *Cyclops strenuus:* ♀♀ wahrscheinlich forma *abyssorum;* da alle Tiere jung waren, ist die Zugehörigkeit nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Außer 9 Copepoden und 17 Cladoceren der Uferzone bezw. des Grundes wurden außerdem im Plankton gefunden 1 Copepode (*Diapt. graciloides)* und 7 Cladoceren (*Diaph. brach*; *Daph. hyal; Ceriod. quadr., Ceriod. hamata, Ceriod. laticaud., Bosm. long., Leptod. Kindtii*). Die Gesamtzahl der freilebenden Entomostraken beträgt also 10 Copepoden und 24 Cladoceren. Davon sind 10 Copepoden und 21 Cladoceren zum ersten Male festgestellt.

5. Holzmaar.

Meereshöhe 425 m. — Umfang 1100 m. — Fläche 68 000 qm. — Größte Tiefe 21 m. — Mittlere Böschung 11°.

A. Plankton.

Es standen mir 2 Planktonfänge, nämlich vom 9. Aug. 10 und 5. Okt. 12 zur Verfügung.

1. *Diaptomus graciloides:* 9. Aug.: vornehmlich junge Tiere, wenige erwachsene ♀♀ mit z. T. 4 Eiern im Ballen und Spermatophoren und ♂♂. Sehr zahlreich. — 5. Okt.: vorherrschend junge Tiere, massenhaft.

2. *Cyclops strenuus*: 9. Aug: ♀♀ f. *abyssorum*, vereinzelt.

3. *Cyclops Leuckarti:* 9. Aug. ♀♀ vereinzelt. — 5. Okt.: ♀♀ jung, vereinzelt.

4. *Diaphanosoma brachyurum:* 9. Aug.: 1 ♀.

5. *Daphnia longispina* v. *hyalina*: 9. Aug.: ♀♀, die Form schwankt zwischen *typica* und *lacustris.* Das Nebenauge bei einer Reihe von Tieren nicht vorhanden. Zahl der Embryonen im Brutraum höchstens 2. Ziemlich zahlreich. — 5. Okt.: vornehmlich junge Tiere, 1 ♀ mit 3 Embryonen.

6. *Ceriodaphnia pulchella:* 9. Aug. ♀♀ z. T. mit 1 Embryo, vereinzelt. Prof. Langhans hielt eine Abdomen-Zeichnung für eine solche von „wahrscheinlich" *pulchella*, eine andere „vielleicht" für eine von einer jungen *pulchella.* Da sich die Art indes in der Uferzone findet, dürfte ihr Vorkommen im Plankton wohl als sicher bezeichnet werden.

7. *Ceriodaphnia quadrangula*: 9. Aug.: ♀♀ z. T. mit Embryonen, sehr zahlreich. — 5. Okt.: ♀♀ vereinzelt, 1 ♀ mit Ephippium.

8. *Bosmina longirostris f. typica:* 9. Aug.: ♀♀ z. T. mit Embryonen, junge Tiere, sehr zahlreich. — 5. Okt.: ♀♀ vereinzelt.

B. Uferfauna.

Das Ufer ist meist steinig oder schlammig mit Ausnahme der S.-W.-Ecke, an der sich eine Sumpfflora gebildet hat. In 1 m Entfernung vom Uferrand *Batrachium* und *Polygonum.* Gefischt wurde am Nordwest- und Südost-Ufer am 9. Aug. 10 (N.-W. 10 und S.-O. 10), sowie an letzterem noch einmal am 29. August 11 (S.-O. 11).

Copepoden.

1. *Cyclops albidus:* N.-W. 10: ♀♀ jung, ziemlich zahlreich. — Von Zacharias schon festgestellt. Sein *Cyclops tenuicornis* ist identisch mit *C. albidus.*

2. *Cyclops Leuckarti*: S.-O. 10: ♀♀ mit Eiballen, zahlreich. — S.-O. 11: ♀♀ zahlreich. — Im Plankton merkwürdigerweise nur vereinzelt.

3. *Cyclops viridis*: N.-W. 10: ♀♀ in geringer Zahl.

4. *Cyclops macrurus*: N.-W. 10: ♀♀ z. T. mit Eiballen, ♂♂, ziemlich zahlreich. — S.-O. 10: ♀♀ zahlreich. — S.-O. 11: ♀♀ in geringer Zahl. — Auch von Zacharias gefunden.

5. *Cyclops serrulatus:* N.-W. 10: ♀♀ mit nur feiner Zähnelung am Außenrand der Furkaläste; ziemlich zahlreich. — S.-O. 10: ♀♀ zahlreich. — S.-O. 11: ♀♀ z. T. mit Eiballen; in geringer Zahl. — Ebenfalls von Zacharias gefischt. — *(Cyclops agilis Koch = Cyclops serrulatus.)*

Cladoceren.

1. *Sida crystallina:* N.-W. 10: ♀♀ in geringer Zahl. — S.-O. 10: ♀♀ mit 3 bis 13 Embryonen, ebenso. — S.-O. 11: ♀♀ zahlreich. — Auch Zacharias fand diese Art und tut einer rosenroten Varietät dieser Art besondere Erwähnung.

2. *Scapholeberis mucronata:* N.-W. 10: ♀♀ mit und ohne Horn, im Brutraum 2—5 Embryonen, 1 ♀ mit Ephippium, zahlreich. — S.-O. 10: ♀♀ z. T. mit 6 Embryonen; 1 ♀ mit Ephippium. — S.-O. 11: ♀♀ z. T. mit 3 Embryonen in geringer Zahl. — Von Zacharias ebenfalls gefunden.

3. *Simocephalus vetulus:* N.-W. 10: ♀♀ z. T. mit 3 Embryonen, auch junge, 1 ♀ mit Ephippium, 1 ♀, dessen Schale vollständig mit Pilzsporen besetzt war; sehr zahlreich. — S.-O. 10: ♀♀ vereinzelt. — S.-O. 11: ♀♀ z. T. mit 11 Embryonen; auch jung. In geringer Zahl. — Im Sumpf der S.-W.-Seite massenhaft entwickelt (9. August 1910).

4. *Ceriodaphnia pulchella:* N.-W. 10: ♀♀ z. T. mit 3 Embryonen, in geringer Zahl. — S.-O. 10: ♀♀ desgleichen. — S.-O. 11: ♀♀ desgleichen. — Vergl. Plankton des Holzmaars.

5. *Eurycercus lamellatus:* N.-W. 10: ♀♀ z. T. mit 3 und 6 Embryonen, auch junge Tiere; zahlreich. — S.-O. 10: ♀♀ in geringer Zahl. — Die Art stellte auch Zacharias fest.

6. *Camptocercus rectirostris:* N.-W. 10: ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen, z. T. jung, in geringer Zahl. — S.-O. 10: ♀♀ desgleichen.

7. *Alona affinis:* S.-O. 11: ♀♀ in geringer Zahl.

8. *Alona costata:* N.-W. 10: ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen, in geringer Zahl. — S.-O. 10: ♀♀ in geringer Zahl. — S.-O. 11: ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen, in geringer Zahl.

9. *Rhynchotalona rostrata:* S.-O. 11: ♀♀ mit Embryonen, vereinzelt.

10. *Graptoleberis testudinaria:* N.-W. 10: 1 ♀. — S.-O. 11: ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen, zahlreich.

11. *Peracantha truncata:* N.-W. 10: ♀♀ z. T. mit Embryonen, von ähnlicher Variabilität wie im Gemündener Maar; sehr zahlreich. — S.-O. 10: ♀♀ in geringer Zahl. — S.-O. 11: ♀♀ massenhaft.

12. *Chydorus sphaericus:* N.-W. 10: ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen; beim Zergliedern einiger Tiere beobachtete ich im Innern zahlreiche schlauchförmige parasitische Körper (Ascosporidien?). Vergl. *Simocephalus* oben! Zahlreich. S.-O. 11: ♀♀ zahlreich. — Von Zacharias ebenfalls gefischt.

Erwähnung verdient ferner das Vorkommen von *Argulus foliaceus* (1 Exemplar am N.-W.-U.) und des *Potamobius astacus,* des Edelkrebses, von dem mehrere Exemplare am N.-Ufer gefangen wurden. Der durch seine Arbeit über die Vogelfauna der Rheinprovinz und andere Untersuchungen bekannte Heimatforscher O. le Roi, der im Weltkriege den Heldentod starb, mein unvergessener Studienfreund, stellte, wie er mir s. Zt. mitteilte, am 31. Mai 1909 am Abfluß des Maares *Carinogammarus Roesellii* (Gammarus fluviatilis) fest.

Die Zahl der von mir im Litoral gefundenen Copepoden des Holzmaars beträgt also 5, Zacharias gibt noch den *Diaptomus castor* an (vergl. oben Vosseler), den ich nicht fand; die der Cladoceren 12. Im Plankton kommen außerdem von Copepoden noch 2 *(Diapt. graciloides* und *Cyclops strenuus-abyssorum)* vor, von Cladoceren noch 4 *(Diaph. brach., Daphnia hyalina, Ceriod. quadrangula, Bosmina longir.),* so daß die

Gesamtzahl der freilebenden Copepoden 8, die der Cladoceren 16 beträgt; davon sind im ganzen 17 Entomostraken neu.

6. Meerfelder Maar.

Meereshöhe 335 m. — Umfang 2 000 m. — Fläche 242 500 qm. — Mittlere Böschung 6°.

Von diesem Maar stand mir nur ein einziger Planktonfang vom 14. August 1911 zur Verfügung. Uferfauna und Grundfauna wurden nicht untersucht.

Plankton.

1. *Diaptomus gracilis;* ♀♀ z. T. mit 9 Eiern im Ballen und Spermatophoren, ♂♂. Die „Flaumfeder" am linken 5. Füßchen war deutlich zu erkennen. — Sehr zahlreich.

Abb. 7. *Ceriodaphnia pulchella*, Meerfelder Maar 14. 7. 11. a. ♀ $\frac{112}{1}$, b. Postabdomen des ♀ $\frac{150}{1}$

2. *Cyclops Leuckarti:* ♀♀ und ♂♂ in großer Zahl.

3. *Ceriodaphnia pulchella:* ♀♀ 0,32—0,38 mm lang (Abb. 7), also auffallend klein, da die normale Größe 0,7—0,8 ist. Trotz dieser Kleinheit und des Mangels der abweichenden Analdornen möchte ich diese Form ihres Habitus wegen zu *pulchella* stellen. Wie mir Prof. Langhans schreibt, ist es Tatsache, daß die abweichenden Analdornen bei *pulchella* variabel sind; bei jungen Tieren und bei kleinen Erstgebärenden fehlen sie häufig; wahrscheinlich handelt es sich bei den Meerfelder Tieren um letztere. Prof. Langhans konnte nach der Zeichnung allein darüber nichts aussagen.

4. *Ceriodaphnia quadrangula* var. *hamata:* 1 ♀ mit 3 Embryonen, 0,41 mm lang, ebenfalls wesentlich kleiner als die normale Varietät, die 0,7—0,9 mm groß ist.

5. *Bosmina longirostris* f. *brevicornis* (Abb. 8): ♀♀ 0,25—0,28 mm, während die normale Form bis 0,55 mm groß wird; also auch auffallend klein, indes ist auch die *Bosmina minima* aus dem Müggelsee, die Imhof (22) als besondere Art beschrieben hat und im übrigen ganz mit *longirostris* übereinstimmt, auch nur 0,23 mm lang. — In geringer Zahl.

Abb. 8.
Bosmina longirostris-brevicornis,
Meerfelder Maar 14. 7. 11. ♀ $\frac{112}{1}$

7. Ulmener Maar.

Meereshöhe 420 m. — Umfang 925 m. — Fläche 53 500 qm. — Größte Tiefe 37 m. — Mittlere Böschung 21°.

A. Plankton.

Es standen mir zur Untersuchung 4 Fänge zur Verfügung: 1910: 14. August; 1911: 9. August; 1912: 5. März; 2. Oktober.

1. *Diaptomus graciloides:* 5. März: ♀♀ mit 5 Eiern im Ballen. ♂♂, hauptsächlich junge Tiere. Sehr zahlreich. —

Abb. 9.
Diaptomus graciloides,
Ulmener Maar 14. 8. 10.
Rechter 5. Fuß eines ♂ mit 2 statt 1 Endhaken $\frac{150}{1}$

9. August: ♀♀ z. T. mit 6 Eiern im Ballen und Spermatophoren, vornehmlich junge Tiere. Sehr zahlreich. — 14. August: ♀♀ z. T. mit 4 oder 5 Eiern im Ballen und Spermatophoren. ♂♂. Sehr zahlreich. — Ein *Diaptomus*-♂ mit eigenartiger Mißbildung am rechten 5. Füßchen: statt eines sind 2 End-

haken vorhanden (Abb. 9). — 2. Oktober: ♀♀ z. T. mit Eiballen, ♂♂. Massenhaft.

2. *Cyclops strenuus* f. *abyssorum:* 5. März: ♀♀ mit Eiballen, ♂♂, junge Tiere. Zahlreich. — 9. August: ♀♀ vereinzelt. — 14. August: junge ♀♀ und ♂♂.

3. *Diaphanosoma brachyurum:* 9. August: junge ♀♀ vereinzelt.

4. *Daphnia longispina* var. *longispina* s. str.: 5. März: ♀♀ f. *litoralis* (Abb. 10a) mit 2 Embryonen 1,2 mm lang.

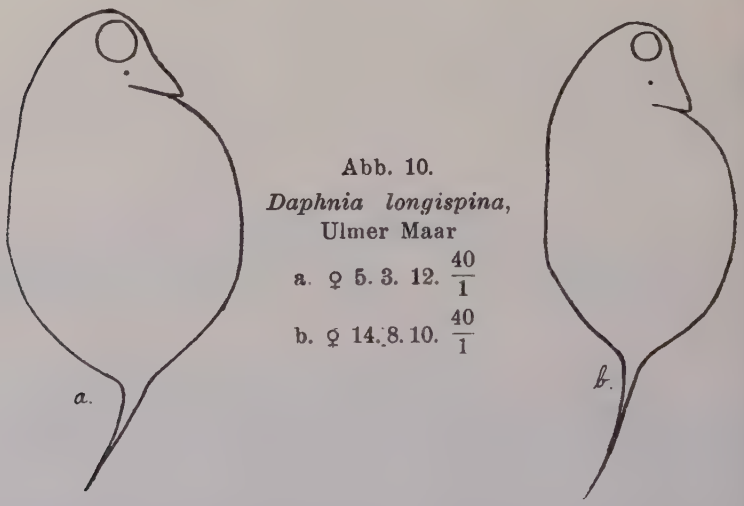


Abb. 10.
Daphnia longispina,
Ulmer Maar
a. ♀ 5. 3. 12. $\frac{40}{1}$
b. ♀ 14. 8. 10. $\frac{40}{1}$

Nach Lilljeborg (31) schwankt die Größe der *longispina* nach lokalen und anderen Verhältnissen zwischen 1,4 und 3 mm. Keilhack (22) gibt als Länge 2,1 an, unsere Tiere sind also auffallend klein. — 9. August: ♀♀ f. *litoralis* und *typica*, auch solche, die an f. *cavifrons* erinnern, 1,14—1,35 mm lang. — 14. August: ♀♀ f. *litoralis* mit 1 oder 2 Embryonen 1,19—1,5 mm lang. Abb. 10b, man beachte die schlankere Form und das kleinere Auge. — 2. Oktober: ♀♀ vornehmlich f. *typica* 0,9—1,19 mm lang.

5. *Ceriodaphnia pulchella:* 9. August: ♀♀. Sehr zahlreich. Die Art ist sicher erkannt an den 3 abweichenden

Analdornen des Abdomens. — 14. August: desgleichen. — 2. Oktober: ♀♀, auch einige mit Ephippium.

6. *Ceriodaphnia quadrangula:* 9. August: ♀♀. Sehr zahlreich. — 14. August: ♀♀ mit Embryonen. Ebenfalls sehr zahlreich. — 2. Oktober: ♀♀ z. T. mit 3 Embryonen, einige mit Ephippium.

Beide *Ceriodaphnia*-Arten sind auch unter der normalen Größe.

7. *Bosmina longirostris:* 5. März: ♀♀ f. *typica* 0,4 mm. — 9. August: ♀♀ f. *typica, brevicornis* und *cornuta*; 0,32 lang, z. T. mit Embryonen. Zahlreich. — 14. August: ♀♀ f. *typica* und *brevicornis* 0,34 lang. — 2. Oktober: ♀♀ f. *brevicornis* 0,37, mit 2 Embryonen.

8. *Chydorus sphaericus:* 3. März: 2 ♀♀.

B. Uferfauna.

Eine ausführliche Beschreibung des Ulmener Maars, insbesondere auch seiner Uferverhältnisse gibt Thienemann in seinen Arbeiten „Das Ulmener Maar“ (42) mit 3 Abbildungen und im Teil II der „Physikalischen und chemischen Untersuchungen in den Maaren der Eifel“ (43).

Bei der Untersuchung des Maars am 14. August 1910 hatte ich Gelegenheit, am Nordufer, wo Wiese und Feld an das Maar herantreten, vom Land aus die *Scirpus*-Region abzufischen, sowie auf der Ostseite (O.-U.), wo „dichter Mischwald den Steilrand bis zur Höhe überkleidet“, vom Kahn aus das Wasser der Uferzone zu untersuchen. Einen Fang vom West-Ufer (W.-U.) vom 9. August 1911 verdanke ich Herrn Professor Thienemann.

Copepoden.

1. *Diaptomus graciloides:* O.-U. ♀♀ ziemlich zahlreich.

2. *Cyclops albidus:* N.-U. ♀♀ mit Eiballen, ♂♂. Sehr zahlreich. — O.-U. desgl.[1]). — W.-U. 1 ♂.

---

1) „desgl.“ bedeutet hier und in den folgenden Fällen, daß die Art an und für sich auf der betreffenden Uferseite vorkommt; leider habe ich keine näheren Angaben in meinem Fundprotokoll.

3. *Cyclops viridis:* W.-U. ♀♀ vereinzelt.

4. *Cyclops macrurus:* N.-U. ♀♀ mit Eiballen. Sehr zahlreich. — O.-U. desgl.

5. *Cyclops serrulatus:* N.-U. ♀♀ mit Eiballen; Furkaläste sehr lang. — O.-U. desgl.

Cladoceren.

1. *Sida crystallina:* N.-U. ♀♀ z. T. mit 3 bis 5 Embryonen in geringer Zahl. — O.-U. desgl.

2. *Daphnia longispina* var. *longispina* s. str. forma *litoralis:* O.-U. ♀♀ z. T. mit 2—3 Embryonen. — 1 ♀ 1,43 mm lang (einschl. Stachel) also auffallend klein. — 1 ♀ mit stumpfem Stachel an *D. obtusa* erinnernd, 1,14 mm lang. — Die Tiere stammen wohl aus dem Plankton, in dem die Art hauptsächlich entwickelt ist.

3. *Scapholeberis mucronata:* N.-U. ♀♀ mit und ohne Horn; im Brutraum 4—9 Embryonen. Zahlreich. — O.-U. desgl. 1 ♀ ohne Horn mit Ephippium.

4. *Simocephalus vetulus:* N.-U. ♀♀ z. T. mit 18 Embryonen. Vereinzelt.

5. *Ceriodaphnia pulchella:* N.-U. ♀♀ bräunlich gefärbt, in geringer Zahl. Im Plankton vor allem entwickelt.

6. *Ceriodaphnia quadrangula:* N.-U. ♀♀ ebenfalls von bräunlicher Farbe; in geringer Zahl. — Vor allem im Plankton.

7. *Bosmina longirostris:* N.-U. 1 ♀ von bräunlicher Färbung mit Embryonen. — O.-U. desgl. — Im Plankton vor allem.

8. *Eurycercus lamellatus:* N.-U. ♀♀ z. T. mit 3—15 Embryonen in geringer Zahl. — O.-U. desgl.

9. *Acroperus harpae:* N.-U. ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen, vereinzelt. — O.-U. desgl.

10. *Alona affinis:* N.-U. ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen, vereinzelt. — O.-U. desgl.

11. *Alona costata:* N.-U. ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen, vereinzelt. — O.-U. desgl.

12. *Alonella nana:* N.-U. ♀♀ vereinzelt.

13. *Peracantha truncata:* N.-U. ♀♀ z. T. mit 2 Embryonen, fast massenhaft. — O.-U. desgl. — W.-U. desgl.

14. *Chydorus sphaericus:* N.-U. ♀♀ z. T. mit 1—2 Embryonen, in geringer Zahl. — W.-U. desgl.

B. Grundfauna.

Diaptomus graciloides: 1 junges Tier (wohl mehr zufällig!).

Schalen, bezw. Schalenreste von *Peracantha, Bosmina.*

Daß es sich um einen verirrten Copepoden handelt, ist umsomehr anzunehmen, als auch sonst Centropagiden in der Tiefenregion nirgends festgestellt wurden. Zschokke (60).

Die Uferfauna zählt 5 Copepoden und 14 Cladoceren; im Plankton sind außerdem vertreten *Cyclops strenuus* und *Diaphanosoma brachyurum*, so daß die Gesamtzahl der Copepoden des Ulmener Maars 6, die der Cladoceren 15 beträgt. Alle Entomostraken sind neu.

IV. 1. Die Maartypen, ihr Krebsplankton und ihre Grundfauna.

Schon oben (S. 153) wurde erwähnt, daß Thienemann die Maare auf Grund ihrer hydrographischen Verhältnisse in 3 Gruppen einteilte. Die jeder Gruppe eigentümlichen physikalischen, chemischen und biologischen Merkmale seien hier noch einmal kurz zusammengestellt.

Maartypus I (Gruppe der tiefen Maare): Farbe meergrün, Sichttiefe 5,5—12 m, Schwankungsamplitude der Tiefentemperaturen 1,3° C, Temperatursprungschicht im Hochsommer tiefer als bei Maartypus II (direktes Verhältnis zur Sichttiefe), sehr arm an Mineralstoffen, Epilimnion und Hypolimnion (Schichten über und unter der Sprungschicht) sauerstoffreich. Ähnlichkeit mit Bodensee und Genfersee sowie wahrscheinlich vielen großen und tiefen Alpen- und Voralpenseen. Der Sauerstoffreichtum steht in engem Zusammenhang mit der geringen Menge der organischen Substanz am Grunde der Maare, der schmalen Uferbank (steile Böschung)

und ihrer ärmlichen Vegetation, ferner der schwachen Planktonentwicklung (namentlich Phytoplankton).

Maartypus II (Gruppe der flacheren Maare): Farbe gelbgrün bis braungrün, Sichttiefe 1,25—7 m, Schwankungsamplitude der Tiefentemperaturen 5,5° C., Sprungschicht höher als bei Typus I, reicher an Mineralstoffen, Epilimnion sauerstoffreich, Hypolimnion dagegen sauerstoffarm. Ähnlichkeit wahrscheinlich mit vielen Seen der norddeutschen Tiefebene, auch Seen der Alpen und Nordalpen. Die Sauerstoffarmut hängt aufs engste mit der reichen organischen Ablagerung am Grunde der Maare, der breiten Uferbank (flache Böschung), ferner dem Planktonreichtum (namentl. Phytoplankton) zusammen.

Das Ulmener Maar nimmt eine Sonderstellung ein wegen der warmen Mineralquelle in seiner Tiefe ($^1/_2$ g Salz, vor allem Natriumbikarbonat), Farbe braungrün, Sichttiefe 1—3 m, dichotherme Schichtung (d. h. Oberflächen- und Tiefenwasser sind namentlich im Sommer wärmer als die mittleren Schichten), saline Stratifikation (der Salzgehalt des Tiefenwassers ist fast dreimal so hoch wie der des Oberflächenwassers), Methan-Entwicklung in der Tiefe, obere Schichten sauerstoffreich, untere sauerstoffarm oder -leer, Planktonentwicklung wie bei Maartypus II.

Diese Verschiedenheiten müssen, wie Thienemann in seinen „biologischen Ausblicken" (43, S. 316) mit Recht betont, auch auf die Organismen, vornehmlich des Pelagials und Abyssals, wenig oder gar nicht auf die Uferflora und Fauna einwirken. In der Tat ist die Zusammensetzung des Crustaceenplanktons in den 3 Maartypen durchaus eigenartig, wie uns ein Blick auf die Tabelle zeigt.

Maartypus I enthält im Plankton von Copepoden nur *Diapt. graciloides* (orangerot gefärbt) *Cyclops strenuus*, von Cladoceren nur *Diaphanosoma brachyurum* und *Ceriod. quadrangula*. Auffallend ist auch — ich sage das allerdings mit Bedenken, da die beiden Arten nur vereinzelt festgestellt und sonst nur als Bewohner kleinerer Gewässer und der Uferzone großer Gewässer bekannt sind — das Auftreten der

Ceriodaphnia-Arten *affinis* und *rotunda* im Plankton nur dieser Maare.

Maartypus II zählt in seinem Plankton außer den oben genannten ersten 4 Crustaceen (*Diapt. gracil.* ist hier normal gefärbt) noch *Cyclops Leuckarti*, *Daphnia hyalina*, *Ceriod. pulchella* und *Bosmina longirostris*, das Schalkenmehrener Maar auch *Leptodora*, das Meerfelder statt *D. graciloides* den *D. gracilis*.

Das Ulmener-Maar-Plankton ist ähnlich dem von II, erhält aber seine besondere Note durch das Fehlen des *Cyclops Leuckarti* und der *D. hyalina* und das Auftreten der *D. longispina* var. *longispina* s. str..

Bezüglich des Abyssals ist der Vergleich nur mit Vorsicht aufzunehmen, da ich nur von 4 Maaren — vom Pulver- und Holzmaar nicht — Grundtiere untersuchen konnte. Am Boden der Maare von Typus I kommen 6 Copepoden und 1 Cladocere vor, am Grunde des Schalkenmehrener Maars (Typus II) wurde nur *C. strenuus* erbeutet, am Grunde des Ulmener Maars nur 1 junger *Diaptomus* (wohl nur zufällig vorhanden, vgl. oben). An dieser Verteilung ist immerhin die relativ reiche Crustaceenfauna des Abyssals der tiefen Maare bemerkenswert, sie hängt wohl mit dem Sauerstoffreichtum auch der unteren Schichten dieser Seen zusammen, während die Armut an Crustaceen im Abyssal des Schalkenmehrener und Ulmener Maars auf die Armut bzw. den Mangel an Sauerstoff in diesen Schichten zurückzuführen sein dürfte.

2. Das Krebsplankton anderer Seen und das der Eifelmaare.

Der Laacher See (35), der kein Maar im geologischen Sinne ist, gehört nach seinem Crustaceenplankton zum Maartypus II (vgl. Tabelle). Indes zeichnet er sich durch seinen *Diaptomus*, der hier ein *vulgaris* ist, und das Fehlen der *Ceriodaphnia*-Arten aus.[1])

1) Zacharias (56, 57) nennt in seiner Planktonliste eine *Daphnia vitrea*; ich habe stets nur *D. hyalina* gefunden und glaube, daß *D. vitrea* mit *D hyalina* identisch zu rechnen ist. Ich erwähne das besonders, weil Wagler (49) in seiner Arbeit über *D. cucullata* die Laacher *Daphnie* mit zum Formenkreis der *cucullata* rechnet.

Wenn es sich auch, vom ökologischen Standpunkt aus betrachtet, um ein anderes Lebensgebiet handelt, möchte ich zum Vergleich doch auch die stillen Buchten und Häfen des Rheines heranziehen, weil sie außer den Maaren die einzigen größeren Gewässer der engeren Heimat sind, deren Krebsfauna auch bekannt ist (Lauterborn 29). Wir ersehen aus der Tabelle, daß beide Gewässerarten bezüglich des Planktons bei aller Verschiedenheit doch auch gemeinsame Züge haben (*Cycl. strenuus*, *Ceriod. pulchella*, *Bosmina longirostris* und *Leptodora Kindtii*), das Rheinhäfenplankton ist charakterisiert durch das Vorkommen von *Cycl. oithonoides*, *Eurytemora velox*, *Daphnia cucullata*, *Scapholeb. mucronata* und *Polyphemus pediculus*.

Wie steht es nun mit der Krebsfauna der Seen, die Thienemann (vgl. oben) zum Vergleich mit unseren Maartypen anführt? Zum Studium dieser Frage benutzte ich vor allem die Arbeiten von Burckhardt (8), Brehm-Zederbauer (3, 4, 5, 6) Zacharias (53) und Seligo (39). Das Plankton des Bodensees, vor allem aber das des Untersees ist dem Maartypus II sehr ähnlich (Übereinstimmung in 3 Copepoden und 5 Cladoceren); eigentümlich ist dem Bodensee nur noch *Heterocope Weismanni*, *Bosmina coregoni* und *Bythotrephes longimanus*. Seinem physikalisch-chemischen Verhalten nach ist dieser See aber eher dem Maartypus I vergleichbar. Auch der Vierwaldstättersee hat, nach seiner Krebsfauna zu urteilen, mit dem Maartypus II mehr gemeinsame Züge als mit Maartypus I (3 Copepoden, 4 Cladoceren gemeinsam). Eigentümlich für den V. W. S. ist noch *Diapt. laciniatus*, *Bosmina coregoni* und *Bythotrephes longimanus*.

Eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Maartypus I, allerdings auch mehr in quantitativer als in qualitativer Hinsicht, haben Brienzersee (Schweiz), Achensee (Nordtiroler Kalkalpen) und Königssee (Oberbayern). Vom Brienzersee hebt Burckhardt (8) hervor, daß er höchst anormale Verhältnisse zeigt; sein Plankton enthält nur 6 Entomostraken (außer den in der Tabelle angegebenen noch *Diapt. laciniatus*)

eigentümlich ist das Fehlen von *Daphnia* und *Bosmina* „dagegen erreicht *Diaphanosoma* eine für so tiefe und nahrungsarme Seen unerhörte Menge, und es treiben sich am Spiegel ungewöhnlich viel *Scapholeberis* herum".

Geradezu kümmerlich ist das Krebsplankton des Achensees, das nicht einmal einen Diaptomus enthält und außer den in der Tabelle angeführten 2 Arten nur noch die *Bosmina coregoni* zu seinen Gliedern zählt. Charakteristisch ist für diesen See der starke Uferabfall und der dadurch bedingte Mangel einer Uferflora. Diese Eigenart hat der Achensee mit dem Königssee gemeinsam; zwar ist das Crustaceenplankton dieses Sees um 2 Arten reicher, nämlich *Diapt. bacillifer* und *Ceriod. quadrangula hamata.*

Wenden wir uns nun den norddeutschen Seen zu, so ist leicht zu sehen, daß ihr Krebsplankton vor allem mit dem des Maartypus II viel gemeinsame Arten hat. Es sind dies 3 Copepoden und 5 Cladoceren. An besonderen Arten finden wir in jenen noch *Heterocope appendiculata, Temorella lacustris, Daphnia cucullata* (in verschiedenen Formen), *Bosmina coregoni* (ebenfalls in verschiedenen Formen) und *Bythotrephes longimanus;* während Maartypus II als ihm eigene Formen *Cyclops strenuus* und *Ceriod. quadrangula* aufweisen kann, die übrigens auch im Maartypus I vorkommen.

Zacharias, der das Maarplankton zum ersten Male untersuchte, stellte in seinem Bericht (56, S. 77) auch die Kraterseen der Auvergne mit den Eifelmaaren in Parallele. Beide Gewässerarten sind m. W. in analoger Weise entstanden; nämlich durch Ausfüllung vulkanischer Explosionstrichter mit Wasser. Es liegt daher sehr nahe, die Fauna beider Seearten zu vergleichen. Professor Richard, der die Maare der Auvergne untersuchte, sandte damals Zacharias eine Faunaliste von 5 Kraterseen, aus der hervorgeht, daß sie mit der unserer Eifelmaare, wenn wir den Laacher See einmal dazu rechnen, bezüglich des Crustaceen-Planktons in 2 Copepoden und 4 Cladoceren (d. h. in 6 von im ganzen 7 Entomostraken) übereinstimmt, also eine überraschende Ähnlichkeit mit der unserer Eifelmaare besitzt. Merkwürdig

für die Auvergne-Seen ist das Auftreten des kalkfeindlichen *Holopedium gibberum*.

3. Die Ufer-Krebsfauna der Eifelmaare und die anderer Seen.

Zwar hebt Thienemann (vgl. oben) hervor, daß die Verschiedenheit im physikal. und chemischen Verhalten der Eifelmaare und andrer Gewässer wenig oder gar nicht in der Uferflora und Fauna zum Ausdruck komme; es wird indes doch von Interesse sein, auch die Krebsarten der Uferregionen einmal gegenüberzustellen. Die Uferfaunen von Maartypus I und II stimmen nur in 6 von 17 Copepoden und 15 von 25 Cladoceren überein; Formen, allen Maaren gemeinsam, sind nur *Cyclops albidus, C. macrurus, C. serrulatus, Alona affinis, A. costata, Peracantha truncata, Chyd. sphaericus*. Die Verschiedenheit beider Typen kommt in dem Fehlen des *Cyclops Leuckarti*, der *Sida crystallina* und der *Ceriod. pulchella* in den tiefen Maaren in etwa zum Ausdruck. Daß das Ulmener Maar dem Maartypus II näher steht als dem Typus I, zeigt sich vor allem auch in dem Auftreten der *Sida crystall.* und *Ceriod. pulchella* in der Uferzone beider Seen. Auch der Laacher See zeigt größere Verwandtschaft zu den flacheren Maaren (Übereinstimmung vor allem in *C. Leuckarti, C. phaleratus, Sida crystall., Pleuroxus trigonellus*). Mit den tiefen Maaren hat der Laacher See nur *Cyclops fuscus* und *Lathonura rectirostris* in besonderem Maße gemein.

Von den in Strom- und Felstümpeln und sogen. Kolken des Rheins (29) vorkommenden niederen Krebsen stimmen 5 von 9 Copepoden und 12 von 17 Cladoceren mit denen unserer Maare überein.

Über die Uferfauna anderer Seen gibt es bisher nur wenige Arbeiten; ich benutzte die Aufzählung der Litoraltiere des Bodensees von O. Kuttner (26) und mit großem Interesse die ökologisch sehr wertvolle Arbeit Obermayers (32) sowie die Gesamtaufstellung der Ufertiere der nord-

deutschen Seen von Zacharias (53) sowie Seligos Veröffentlichung (39).

8 von 12 Copepoden und 16 von 24 Cladoceren, also genau $^2/_3$ aller Krebse der Uferzone des Bodensees, beleben auch das Litoral der Eifelmaare. Die besondere Verwandtschaft dieses Sees mit Maartypus II (vgl. Tabelle) zeigt sich in dem gemeinsamen Besitz besonders von *Cycl. Leuckarti, Sida crystall., Ceriod. pulchella* und *Alona quadrangularis*, während Bodensee und Typus I-Ufer nur in *Canthoc. staphylinus* und *Chyd. globosus* als besonderen Arten übereinstimmen.

Obermayer erbeutete in der Uferzone des Vierwaldstättersees 17 Copepoden und 36 Cladoceren; meine entsprechenden Zahlen sind 17 und 25; davon sind beiden Gewässerarten gemeinsam 10 Copepoden und 20 Cladoceren, also relativ nicht ganz soviel wie beim Bodensee. Eine besondere Verwandtschaft zu dem einen oder anderen Maartypus ist nicht zu erkennen. Unter den für den V. W. S. besonderen Arten erwähne ich *Cycl. affinis, Canthoc. hamatus* und *rhaeticus, Moraria Schmeili, Latona setifera*, 2 *Ilyocryptus*-Arten, *Alonopsis elongata, Chyd. piger, Monospilus dispar. Anchistropus emarginatus* und *Polyphemus pediculus.*

Der Eigenart des Achen- und Königssee entsprechend (steiler Uferabfall) ist eine besondere Uferfauna in diesen Seen nicht entwickelt. An den dürftigen Stellen, an denen Pflanzenwuchs möglich ist, zeigen sich auch Cladoceren: im Achensee 2, im Königssee 4 weitverbreitete Arten (vgl. Tabelle).

Von der Uferfauna der norddeutschen Seen sind uns bisher durch Zacharias und Seligo 14 Copepoden und 26 Cladoceren bekannt geworden. Der Vergleich dieser Seen mit den Eifelmaaren ist ebenso lehrreich: 8 Copepoden und 17 Cladoceren haben beide Gewässerarten gemeinsam: ein ähnliches Verhältnis wie beim Bodensee! Den norddeutschen Seen eigen ist u. a. *Alonopsis elongata* und *Polyphemus pediculus.*

Unter den Seen, die Thienemann (43, S. 366) zur Vergleichung mit dem eigenartigen Ulmener Maar erwähnt, befindet sich auch der Ritomsee am St. Gotthard. Da die Litoral-Crustaceenfauna dieses Sees durch eine neuere Untersuchung Borners (2) bekannt ist, liegt es nahe, beiderlei Krebsarten ebenfalls gegenüberzustellen. In der Uferzone dieses Sees, die nur wenigen Pflanzen Platz bietet — ich sehe von der Fauna der Delta-Moortümpel ab! — tummeln sich 8 Copepoden und 6 Cladoceren; von diesen kommen im Litoral des Ulmener Maars nur 2 Cyclopiden und 3 Cladoceren vor. Das Ufer dieses Sees ist mit im ganzen 5 Copepoden und 14 Cladoceren bevölkert. Die Ufer-Krebsfauna beider Gewässerarten ist also recht verschieden, was bei dem verschiedenen Chemismus beider Seen auch nicht wunderbar ist.

Leider fehlt in B.'s Arbeit eine Liste der Planktonten des Ritomsees, so daß ein Vergleich mit dem Ulmener Maar in dieser Hinsicht nicht möglich war.

Zusammenfassung.

1. Die Zahl der für die Eifelmaare festgestellten Copepoden und Cladoceren erhöht sich um 11 + 23 auf 18 + 32 Arten und Varietäten. Davon sind 2 Cladoceren: *Ceriodaphnia affinis* und *C. rotunda* neu für das Rheinland.

2. Der physikalischen und chemischen Verschiedenheit der Maartypen entspricht eine verschiedene Zusammensetzung der Krebsfauna des Pelagials, vielleicht des Abyssals und in gewisser Hinsicht auch des Litorals (vgl. Thienemann 43).

3. Die Verbreitung der meisten Copepoden und Cladoceren ist nicht so sehr ein tiergeographisches als vielmehr ein ökologisches Problem (vgl. Hesse 18).

Benutzte Literatur.

Abkürzungen:

Arch. = Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde.
Arch. Nat. = Archiv für Naturgeschichte.
Ber. = Berichte des Botanischen und Zoolog. Vereins für Rheinl. und Westf.
I. R. = Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie.
Verh. = Verhandlungen des Naturhistor. Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens.
Z. A. = Zoologischer Anzeiger.

1. Almeroth, H. Über einige weitere für die Litoralregion des Genfer Sees neue Cladoceren. Z. A. 49, 1917.
2. Borner, L. Die Crustaceenfauna des Ritomsees und seines Deltas. Festschr. Zschokke, 1921.
3. Brehm, V. Zusammensetzung, Verteilung und Periodicität des Zooplanktons im Achensee. Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg. 46. Heft. Innsbruck 1902.
4. Brehm, V. und Zederbauer, E. Beiträge zur Plankton-Untersuchung alpiner Seen. I. II. III. Verh. d. K. K. Zool.-Botan. Gesellschaft in Wien Bd. 54 und 55. 1904/05.
5. Brehm, V. und Zederbauer, E. Beiträge zur Planktonuntersuchung alpiner Seen. Verh Zool.-Bot Ges. Wien, Bd. 56, 1906.
6. Brehm, V. Untersuchungen über das Zooplankton einiger Seen der nördlichen und östlichen Alpen. Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien, Bd. 56, 1906.
7. Brehm, V. Über die Harpacticiden Mitteleuropas I. und II. Arch. 8, 1913.
8. Burckhardt, G. Faunistische und systematische Studien über das Zooplankton der größeren Seen der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. Revue suisse de Zoologie. T. 7. 1900.
9. van Douwe, Neresheimer, Vávra, Keilhack. Copepoda, Ostracoda, Malacostraca in „Die Süßwasserfauna Deutschlands" von Brauer. Heft 11. 1909.
10. Farwick, B. Zur Verbreitung des Cyclops nanus Sars = diaphanoides Graeter und des Cyclops languidus Sars. Arch. Nat. 81 A. 1915.
11. Farwick, B. Neuere Untersuchungen über die Verbreitung der freilebenden Copepoden am Niederrhein und ihre Biologie. Arch. Nat. Jahrg. 81 A. 1915.
12. Farwick, B. Neuere Untersuchungen über die Verbreitung der Cladoceren am Niederrhein und ihre Biologie. Arch. Nat. Jahrg. 81 A. 1915.

13. Farwick, B. Zur Verbreitung des Cyclops crassicaudis Sars. Z. A. 47, 1916.
14. Farwick, B. Eine weitere Fundstelle von Cyclops bisetosus Sars. Z. A. 48, 1917.
15. Farwick, B. Zur Verbreitung des Cyclops bisetosus Rehberg und der Moina rectirostris Leyd. Z. A. 48, 1917.
16. Graeter, A. Die Copepoden der Umgebung von Basel. Revue suisse Zool. T. 11. 1903.
17. Herr, O. Die Phyllopodenfauna der preußischen Oberlausitz und der benachbarten Gebiete. Abh. naturf. Ges. Görlitz Bd. 28. 1917.
18. Hesse, R. Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena, G. Fischer. 1924.
19. Holle, A. Beobachtungen am Mikroaquarium. Mikrokosmus Bd. 2, 1908/09.
20. Hübschmann, J. Über Mikroaquarien. Mikrokosmus 5. Jahrg 1912.
21. Keilhack, L. Zur Cladocerenfauna der Mark Brandenburg. Mitteil. Zool. Mus. Berlin Bd. 3. 1908.
22. Keilhack, L. Phyllopoda in „Die Süßwasserfauna Deutschlands" herausg. von Brauer. Heft 10. 1909.
23. Kiefer, Fr. Beiträge zur Copepodenkunde. Z. A. 59. 1924.
23a. Klie, W. Die Copepoda Harpacticoidea des Gebietes der Unter- und Außenweser und der Jade. Verein für Naturk. Geestemünde 1913.
24. Klie, W. Die Crustaceen-Fauna des Alten Hafens zu Bremerhaven. I. R. Biol. Suppl. 6. Heft 1. 1913.
25. Klie, W. Die Formen der Sammelart Cyclops serrulatus Fischer nach G. O. Sars. Mikrokosmus Bd. 13. 1920.
26. Kuttner, O. Beiträge zur Kenntnis der Uferfauna des Bodensees. Arch. Bd. 14. 1922.
27. Lampert, K. Das Leben der Binnengewässer. 3. Aufl. von Lauterborn, Brehm, Willer. Leipzig, Tauchnitz 1925.
28. Langhans, V. H. Die Biologie der litoralen Cladoceren. Untersuchungen über die Fauna des Hirschberger Großteiches. Monogr. und Abhandlungen zu I. R. Bd. 3. 1911.
29. Lauterborn, R. Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms I. Teil. Sitz.-Ber. Heidelb. Akad. Wiss. math.-nat. Kl. Abt. B. 1916. II. T. 1917. III. T. 1918.
30. Leydig, Fr. Über Verbreitung der Tiere im Rhöngebirge und Mainthale mit Hinblick auf Eifel und Rheintal. Verh. Jahrg. 37. 1881.
31. Lilljeborg, W. Cladocera Sueciae. Nova acta r. s. sc. ups. Vol. XIX. 1901.

32. Obermayer, H. Beiträge zur Kenntnis der Litoralfauna des Vierwaldstättersees. Zeitschr. für Hydrologie. Aarau. Bd. II. 1922.

33. Schauß, R. Zur Entomostrakenfauna der Umgegend von Bonn. Ber. 1907.

34. Schauß, R. Beitrag zur Kenntnis der freilebenden Copepoden und Cladoceren der Umgegend von Bonn. Verh. Jahrg. 64. 1907.

35. Schauß, R. Zur Krebsfauna des Laacher Sees. Ber. 1910.

35a. Schauß, R. Zur Entomostrakenfauna des Niederrheingebietes. Ber. 1911.

36. Scheffelt, E. Die Copepoden und Cladoceren des südlichen Schwarzwaldes. Arch. Bd. IV. 1908.

37. Schmeil, O. Deutschlands freilebende Süßwasser-Copepoden. II. Teil. Harpacticidae. Bibl. Zool. Heft 15. 1893.

38. Schneider, G. Das Zooplankton der Eifelmaare insbesondere die Cyclomorphose von Anuraea cochlearis und Notholca longispina. Verh. 77. 1922.

39. Seligo, V. Untersuchungen in den Stuhmer Seen. Herausgeg. vom Westpreuß. Bot.-Zool. Verein und vom Westpreuß. Fischerei-Verein. Danzig 1900.

40. Thallwitz, J. Beobachtungen über den Saisonpolymorphismus einiger Planktoncladoceren. Jahresber. der Annenschule (Realgymn. Dresden Altst.) 1910.

41. Thienemann, A. und Voigt, W. Vorläufiger Bericht über die Untersuchung der Eifelmaare im August und Sept. 1910. Ber. 1911.

42. Thienemann, A. Das Ulmener Maar. Festschrift Med.-nat. Ges. Münster. 1912.

43. Thienemann, A. Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Teil I. Verh. 70. Jahrg. 1913. Teil II. Ebenda. 71. Jahrg. 1915.

44. Thienemann, A. Über die vertikale Schichtung des Planktons im Ulmener Maar und die Planktonproduktion der anderen Eifelmaare, Verh. 74. Jahrg. 1919.

45. Thienemann, A. Grundsätze für die faunistische Erforschung der Heimat. Sonderdruck aus Nordelbingen. Beiträge zur Heimatforsch. in Schleswig-Holstein, Hamburg und Lübeck. 4. Bd. 1925.

46. Tollinger, M. A. Die geographische Verbreitung der Diaptomiden. Zool. Jahrb. Abt. Syst. 30. 1911.

47. Vosseler, Jul. Die Copepodenfauna der Eifelmaare. Arch. Nat. 55. Jahrg. 1889.

48. Vosseler, J. Über einen Cyclops mit verkrüppelter Furka. Arch. Nat. 55. Jahrg. 1889.
49. Wagler, E. Über die Systematik, die geograph. Verbreitung und die Abhängigkeit der Daphnia cucullata Sars von physikal. und chem. Einflüssen des Milieus. I. R. Bd. 11. 1923.
50. Wagler, E. Faunistische und biologische Studien an freischwimmenden Cladoceren Sachsens. Bibl. Zoologica Heft 67. 1912.
51. Weigold, H. Biologische Studien an Lyncodaphniden und Chydoriden. I. R. Biol. Suppl.-Heft 2. 1910.
52. Wesenberg-Lund, C. Grundzüge der Biologie und Geographie des Süßwasserplanktons. I. R. 1910.
25a. Wolf, E. Die Fortpflanzungsverhältnisse unserer einheimischen Copepoden. Zool. Jahrb. Abt. Syst. 22. 1905.
53. Zacharias, O. Zur Kenntnis der pelagischen und litoralen Fauna norddeutscher Seen. Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. 45. 1887.
54. Zacharias, O. Faunistische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Z. A. Jahrg. 11. 1888.
55. Zacharias, O. Die Tierwelt der Eifelmaare. Biol. Centralbl. Bd. 8. 1888.
56. Zacharias, O. Bericht über eine zool. Exkursion an die Kraterseen der Eifel. Biol. Centralbl. Bd. 9. 1889.
57. Zacharias, O. Das Plankton des Laacher Sees. Z. A. Bd. 25. 1901.
58. Ziegelmayer, W. Eine neue subterrane Harpacticidenform aus der Gattung Viguierella. Z. A. 57. 1923.
59. Ziegelmayer, W. Ein Mutualismus (Symbiose?) zwischen subterranen Copepoden und Schwefelbakterien. Biol. Centr. 43. 1923.
60. Zschokke, F. Die Tiefseefauna der Seen Mitteleuropas. Monogr. und Abh. I. R. Bd. 4. 1911.

Das Tapetum im Auge von *Pecten*.

Von

Josef Schlicher.

(Aus dem Zoolog. und vergl. anatom. Institut der Universität Bonn.)

Mit 5 Abbildungen.

In der sehr reichen Literatur über die *Pecten*augen wird dem Tapetum eine verhältnismäßig geringe Beachtung geschenkt. Gerade auch bei den jüngeren Untersuchungen wird das Augenmerk in der Hauptsache auf die beiden Retinae gerichtet, dabei aber das Tapetum nur als die das eigentümliche Leuchten der *Pecten*augen hervorrufende Schicht erwähnt und nur weniges über seinen Bau gesagt. Daher schien es lohnend, dem Bau des Tapetums eine gesonderte Untersuchung zu widmen, zumal sich in der bisherigen Literatur darüber manche eigentümliche und zum Teil widersprechende Angaben finden. Die Anregung zu dieser Arbeit erhielt ich von Herrn Professor Dr. Hesse; ihm sei auch hier aufrichtig gedankt für sein warmes Interesse und seine wohlwollenden Ratschläge, die er meiner Arbeit stets entgegenbrachte. Besonderen Dank schulde ich Herrn Professor Dr. W. J. Schmidt für die Einführung in die Technik der Polarisationsmikroskopie sowie für seine liebenswürdige Unterstützung bei meinen Untersuchungen.

Ein Überblick über die ältere Literatur ist erforderlich, um die Ergebnisse meiner Untersuchungen mit den früheren zu vergleichen.

Nach Fr. Will (1844) besteht das Tapetum „aus kleinen stabförmigen, auf beiden Seiten zugespitzten und mit feinen Querfurchen versehenen Körperchen“. W. Keferstein (1863) erwähnt das Tapetum als eine feinkörnige in durchfallendem Licht gelblich-

graue Masse. Hensen (1865) gibt an, das Tapetum enthalte feine stäbchenförmige Moleküle (vgl. Will). „Das Ganze schien mir aus polyedrischen Zellen zu bestehen, jedoch hatte ich kein Material zur Untersuchung dieses Gegenstandes übrig". Nach Hickson (1880) erscheint das Tapetum bei schwacher Vergrößerung aus einer großen Zahl von kleinen schwarzen Flecken, getrennt durch eine zarte gelbe Membran, zusammengesetzt zu sein; aber Untersuchung mit stärkerer Vergrößerung scheint ihm darzutun, daß es aus einer großen Anzahl feiner Fibrillen, die sich rechtwinkelig kreuzen, zusammengesetzt sei. J. Carrière (1885) bemerkt folgendes: „Es (das Tapetum) besteht aus feinen Fasern" (vgl. Hickson), „welche alle in derselben Richtung laufen und zwar, gleich Seitennerven innerhalb der Augen, senkrecht zur Oberfläche des Mantels." Patten (1886) unterscheidet am Tapetum (er nennt es Argentea) zwei geschichtete Zellagen. Jede der Schichten besteht aus kleinen viereckigen Plättchen, deren Seitenflächen schräg sind, sodaß die obere Fläche der Plättchen schmaler als die untere ist. Die äußere Schicht enthält nach ihm keine Kerne, dagegen findet er in der inneren, weniger differenzierten Schicht einen oder zwei Kerne. In der äußeren Membran liegen die Seitenkanten der Plättchen nicht übereinander, sondern über der Mitte der Plättchen der darunterliegenden Schicht. In den Abbildungen zeichnet Patten zwei Tapetumschichten, in einer Abbildung gibt er in Gegensatz zu seinen Textangaben nicht nur in der inneren Schicht, sondern auch in der äußeren je zwei Zellkerne wieder. G. Kalide (1888) äußert sich folgendermaßen: „Das Tapetum zeigt im mazerierten Zustand deutlich die Struktur des Glaskörpers; es ist ein Gebilde ähnlich des Limitans im Heteropodenauge." B. Rawitz (1888): „Das Tapetum ist eine einfache aus zahlreichen Körnern oder Stäbchen bestehende Membran. Im erwachsenen Tiere habe ich nur eine Membran gefunden; Zweiteilungen derselben schienen mir stets vorgebracht durch das schneidende Instrument" (gegen Patten). „Zuweilen, aber nur außerordentlich selten trifft man in ihm hie und da einen Zellkern". Auch K. E. Schreiner (1896) erscheint die Teilung des Tapetums in zwei Schichten durch mechanische Einflüsse verursacht. „Das Tapetum besteht aus kleinen lichtbrechenden Stäbchen, Körnern und polygonalen Plättchen, welche als Ketten zusammenhängen. Sie ziehen keinen Farbstoff an. Ob zwischen ihnen zelluläre Bestandteile vorkommen, ist wohl zweifelhaft." R. Hesse (1900) kennzeichnet das Tapetum als „eine einzige große napfförmige Zelle, in deren Boden der Kern liegt und deren konkave Seite zu einer lichtbrechenden Substanz umgewandelt ist." Nach Hesse findet sich im Tapetum „stets ein Kern, niemals mehrere, stets an der gleichen Stelle, nämlich in der Mitte des Tapetums an der pro-

ximalen Seite. Dieser Kern hat die Gestalt einer flacheren oder gewölbteren Linse, auf Medianschnitten durch das Auge ist er flachgedrückt, von der Fläche gesehen vollkommen rund. Stets enthält er ein dunkel gefärbtes Kernkörperchen und daneben noch kleine chromatische Körnchen in größerer Anzahl. In seiner Umgebung färbt sich die Substanz des Tapetums ein wenig blau; es scheint also hier ein Rest weniger veränderten Protoplasmas übrig zu sein, der sich von dem geschichtet aussehenden ungefärbten Rest deutlich abhebt". Auch W. J. Dakin (1910) behauptet wie Patten, daß das Tapetum aus mehreren Lagen von kleinen quadratischen Plättchen zusammengesetzt ist. Das Tapetum ist nach ihm im Zentrum am dicksten und wird nach der Peripherie zu dünner. Im ausdrücklichen Gegensatz zu Hesse bemerkt er: Ich war nicht in der Lage, Hesse's Kern nachzuweisen, und in ausgewachsenen Augen ist es unmöglich, Zellreste festzustellen. Er hält dafür, daß das Tapetum entweder aus der darunterliegenden Pigmentschicht oder von anderen, wieder verschwindenden Zellen gebildet wird; er ist jedoch geneigt, die Pigmentschicht als die Mutterschicht zu betrachten. Der letzte, der meines Wissens *Pecten*augen genauer untersucht hat, ist Küpfer (1916). In seiner sehr umfangreichen Monographie erwähnt er vom Tapetum nur, daß es lamellenartige Struktur aufweise; „die einzelnen Lamellen treten dicht aneinander und verschmelzen zu einem dünnen Lamellenbande". Die Frage, ob das Tapetum ein zelliges Gebilde ist oder ob in ihm Kerne vorhanden sind, wird nicht berührt, wohl aber in einer Abbildung ein Kern gezeichnet.

Angesichts dieser mannigfaltigen, teilweise sich widersprechenden Angaben scheint es angebracht, den Bau des Tapetums nochmals nachzuprüfen. Über die Lage des Tapetums im Auge ist einiges vorauszuschicken. Das Tapetum liegt als muldenförmige Lamelle zwischen den beiden Retinae und der Pigmentschicht, die konkave Seite ist dem Licht zugewandt. Auf axialen Schnitten durch das Auge sieht das Tapetum aus wie ein Band, das in der Mitte verdickt ist. Die von Patten angegebene Trennung in zwei Lamellen habe ich in meinen Schnitten nie auffinden können. Jedenfalls darf man wohl Rawitz und Schreiner Recht geben, die eine etwaige Zweiteilung durch spätere mechanische Einflüsse erklären. In den meisten Schnitten fand ich das Tapetum von der Pigmentschicht durch einen Spalt getrennt, Hesse führt dies auf eine Schrumpfung des Augenstieles zurück.

Der Untersuchung standen in Sublimat fixierte und in Alkohol aufbewahrte Mantelränder von *Pecten jacobaeus* und *P. opercularis* zur Verfügung. Die folgenden Angaben stützen sich auf Befunde bei *Pecten jacobaeus*. Es wurden zunächst 7,5 μ dicke Schnitte durch die Augen längs und quer zur Sehachse geführt. Als Farbstoffe wurden Hämalaun und alkoholische Eosinlösung oder Heidenhain's Eisenhämatoxylin angewandt. Außerdem wurde versucht, das Tapetum aus dem Auge herauszupräparieren. Leider gelang es nicht, die äußerst zarte, dabei verhältnismäßig große und am Rande festhängende Lamelle ganz herauszunehmen. Es ließen sich immer nur Bruchstücke, bis zu ein Drittel der Gesamtgröße, gewinnen. Dieser Umstand war für eine weiter unten zu besprechende Frage von gewissem Nachteil.

Bei mittelstarker Vergrößerung hat das Tapetum in Flächenansicht ein nicht zu verkennendes schachbrettartiges Aus-

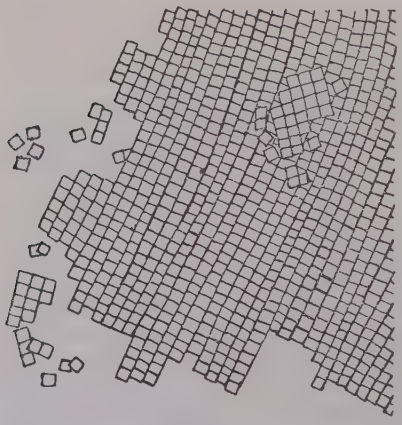


Abb. 1.
Teil des Tapetums in Flächenansicht.

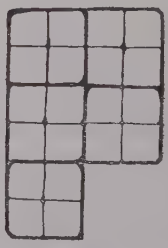


Abb. 2.
Plättchen des Tapetums stark vergrößert.

sehen. Betrachtet man ein Tapetumfragment, sei es ein Isolationspräparat oder einen Querschnitt, mit stärkerer Vergrößerung, so sieht man, daß das schachbrettähnliche Bild durch eng aneinander gelagerte quadratische Plättchen hervorgerufen wird. Häufig findet man am Rande von Tapetumstücken einzelne Plättchen aus dem Verbande mit den anderen gelöst [s. Abb. 1]. Viele der Plättchen haben eine eigenartige

Zeichnung: über die Fläche der Plättchen verlaufen zwei mehr oder weniger deutliche Linien, die sich im Zentrum des Quadrates rechtwinkelig kreuzen, gleich als ob jedes Plättchen aus vier kleineren gleichgroßen gebildet sei [s. Abb. 2]. Die Seitenlänge eines einzelnen (großen) Plättchens beträgt durchschnittlich 1,4 μ. Es ist noch hervorzuheben, daß in der Pigmentschicht die gleichen Plättchen vorkommen, häufig sieht man sie im Innern einer Pigmentzelle zu Ballen angehäuft. Neben diesen quadratischen Plättchen finden sich hier auch kleinere Körnchen. Über den Richtungsverlauf der Reihen der Plättchen ist noch folgendes zu bemerken. Ist auch eine schachbrettartige Anordnung der Plättchen nicht zu leugnen, so bilden doch die Reihen keine geometrisch geraden Linien, sondern verlaufen mehr oder minder gewunden. Dies sucht auch Abb. 1 anzudeuten. Da der Beobachtung kein ganzes Tapetum zur Verfügung stand, mußte darauf verzichtet werden, den gesamten Verlauf der Plättchenreihen zu verfolgen.

Auf Augenlängsschnitten erkennt man, daß die Plättchen im Zentrum des Tapetums in einer Reihe von Lagen, etwa 10—20, geschichtet sind. Eine Schichtung der Plättchen, wie sie Patten gesehen haben will (nach ihm liegen die Seitenkanten über der Mitte der Plättchen der nächstfolgenden Schicht), habe ich nicht wahrgenommen. Die Plättchen liegen vielmehr eher mit ihren Seitenkanten übereinander. Die schachbrettartige Anordnung der Plättchen konnte Hickson zu der irrtümlichen Annahme verleiten, daß das Tapetum aus einer großen Anzahl feiner Fibrillen, die sich rechtwinkelig kreuzen, zusammengesetzt sei. Patten hat dagegen das Richtige getroffen, wenn er sagt, daß das Tapetum aus kleinen viereckigen Plättchen bestehe. Die von Patten geschilderte verschiedene Größe der Ober- und Unterseite der Plättchen kann ich hingegen nicht bestätigen. Wenn auch die Plättchen nicht immer genau dieselben Maßverhältnisse zeigen, so kann doch von einem solch regelmäßig wiederkehrenden Bau, wie ihn Patten annimmt, nicht die Rede sein. Schichtung und Gestalt der Plättchen trat bei Betrachtung im polarisierten Licht besonders deutlich hervor

(s. u.). Es sei noch erwähnt, daß die Plättchen in den Schnitten, die nach Heidenhain mit Eisenhämatoxylin gefärbt wurden, aufgelöst waren (s. u.).

In allen lückenlosen Schnittserien, sowohl der Längs- als auch der Querschnitte konnte ich einwandfrei Zellkerne innerhalb des Tapetums nachweisen. Dies steht in Gegensatz zu den Angaben von Rawitz und Schreiner. Ersterer

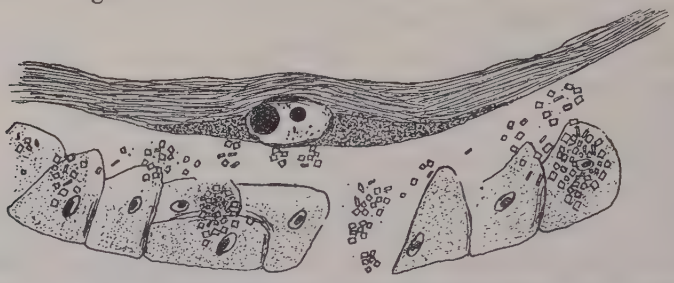


Abb. 3. Teil des Tapetums (mit Zellkern) und der Pigmentschicht auf Längsschnitt durch das Auge.

gibt an, „nur außerordentlich selten" einen Zellkern zu finden, der letztere stellt er als zweifelhaft dahin, ob Kerne vorhanden sind. Meine Feststellungen stehen vor allem denen von Dakin entgegen, der behauptet, niemals Zellkerne gefunden zu haben, dagegen decken sie sich gut mit dem Befund Patten's und vor allem Hesse's.

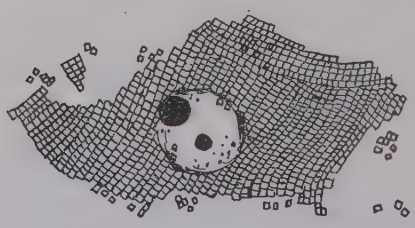


Abb. 4.
Tapetumfragment mit Zellkern in Flächenansicht.

Was die Zahl der Kerne angeht, so ist im Gegensatz zu Hesse zu sagen, daß es immer mehrere sind; die Zahl schwankt zwischen 3 und 6. Die Kerne sind nicht auf ein bestimmtes Gebiet, etwa das Zentrum, beschränkt; sie finden sich überall zerstreut, selbst an der Peripherie des Tapetums.

Die Angaben Hesse's über Gestalt und Bau der Kerne kann ich nur bestätigen. Auf Medianschnitten durch das Auge erscheint die Schnittfläche durch den Kern oval [s. Abb. 3],

auf Querschnitten fast kreisrund [s. Abb. 4]. Somit kann man auf linsenförmige Gestalt der Kerne schließen.

Was die innere Struktur betrifft, so stellte ich fest, daß sich immer ein größeres (Nukleolus?) neben einem oder höchstens zwei kleineren gefärbten Körnchen findet. Die Durchmesser der Kerne betragen auf Querschnitten durchschnittlich (als Mittel von Messungen an zwölf Kernen) 10,7 : 9,6 μ, auf Längsschnitten 10,1 : 6,3 μ. Das Maximum der Durchmesser auf Querschnitten ist 11,6 : 10,2 μ, das Minimum 8,7 : 8,7 μ. Die größten und kleinsten Längendurchmesser auf Längsschnitten betragen 10,9 μ bzw. 9,4 μ. Das Mittel für den Durchmesser der großen Kernkörperchen ist 3,6 μ, das für den Durchmesser der kleinen Körnchen 1,8 μ.

Durch ihre bedeutendere Größe unterscheiden sich die Kerne des Tapetums von den anderen im Auge, vor allem von denen der benachbarten Pigmentschicht, mit denen man sie vielleicht verwechseln könnte. Von letzteren weichen sie vor allem auch durch die ihnen allein eigene Struktur ab.

Wie auch Hesse feststellte, liegen die Kerne meist auf der proximalen Seite des Tapetums; ebenso weicht die nächste Umgebung der Kerne von der oben geschilderten Schichtung des Tapetums ab. Sie erscheint feingekörnt; man kann sie wohl mit Hesse als „Reste weniger veränderten Protoplasmas" ansprechen. Irgendwelche Zellgrenzen innerhalb des Tapetums konnte ich nie erkennen. Es bleibt somit dahingestellt, ob es aus mehreren Zellen zusammengesetzt oder ob es eine einzige Zelle mit mehreren Kernen ist.

Die polarisationsmikroskopische Untersuchung der Plättchen klärte ihr Wesen weitgehend auf. Zunächst traten die Plättchen und ihre Schichtung besser hervor (s. o.). Betrachtet man über einem Nikol (dem Polarisator allein) die Plättchen in Kantenansicht, so zeigen sie Wechsel der Lichtbrechung beim Drehen des Objekttisches: sie sind also doppelbrechend. In Flächenansicht ist keine Änderung der Lichtbrechung wahrnehmbar: die Richtung senkrecht zur Fläche ist demnach optische Achse, vgl. hierzu Abb. 5. Das Licht, das senkrecht zur Kante der Plättchen schwingt (n_ε), hat fast

denselben Brechungsindex wie der Kanadabalsam ($n = 1{,}54$), in dem die Schnitte eingebettet sind. Das parallel zur Kante der Plättchen schwingende Licht (n_ω) geht über den Brechungsindex des Methylenjodids ($n = 1{,}74$) merklich hinaus und stimmt ungefähr mit dem einer gesättigten Lösung von Schwefel in Methylenjodid ($n = 1{,}78$; nach Behrens) überein. Daraus würde sich eine Stärke der Doppelbrechung von 0,24 ergeben, die also die des Kalkspats noch übertrifft. Damit stimmt auch überein, daß selbst die kleinsten im Mikroskop noch erkennbaren Teilchen zwischen gekreuzten Nikols deutlich aufleuchten und ein Plättchen in Kantenansicht (also bei einer Schichtdicke von 1,4 μ) bereits Weiß-Gelb I. O. zeigt. Dieser erstaunlich hohe Brechungsindex der lichtbrechenden Substanz macht das starke Reflexionsvermögen des Tapetums verständlich, bleibt doch selbst in einem Medium wie Kanadabalsam das Tapetum sogar für die Betrachtung mit bloßem Auge als weißlich reflektierende Masse sichtbar.

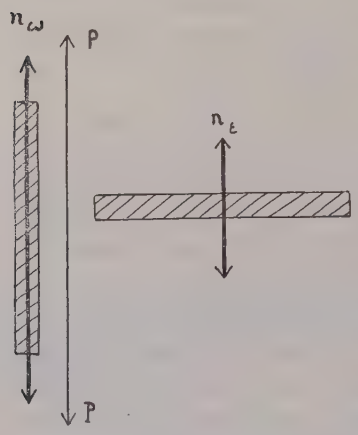


Abb. 5.
PP: Schwingungsrichtung des Polarisators.

In Übereinstimmung mit den Befunden über dem Polarisator allein löschen die Plättchen zwischen gekreuzten Nikols nach der Kante aus und erweisen sich über der Gipsplatte als negativ in bezug auf die Normale der Kante. Da die Plättchen nun ferner in Flächenansicht zwischen gekreuzten Nikols unter allen Azimuten dunkel bleiben und also die optische Achse normal zur Plättchenfläche steht, so ist ihr wahrer optischer Charakter als einachsig negativ zu bezeichnen.

Die Doppelbrechung der Plättchen berechtigt zugleich mit ihrer Form zu dem Schluß, daß die Plättchen kristallinischer Natur sind. Es sei betont, daß die Plättchen der

Pigmentschicht gleiches Verhalten im polarisierten Licht zeigen wie die des Tapetums.

Lösungsversuche an Schnitten durch das Auge ergaben, daß die doppelbrechende Substanz des Tapetums und der Pigmentschicht in Säuren (Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure) und Alkalien (Kalilauge, Natronlauge), nicht aber in Ammoniak und stark erhitztem Wasser löslich ist. Diese Reaktionen weisen auf einen Purinkörper und das Verhalten gegen Ammoniak insbesondere auf Guanin hin. Zugunsten dieser Annahme spricht auch die Löslichkeit der Plättchen in Eisenalaun bei der Färbung der Schnitte nach Heidenhain. Eindeutig für Guanin sprach die Bildung von Guaninchlorid bei Zusetzen von Salzsäure; es bilden sich Nadeln, die in Wasser löslich sind. Zwischen gekreuzten Nikols löschen die Nadeln unter einem Winkel von etwa 28° aus und verhalten sich negativ in Bezug auf diese Richtung. Versuche an reinem Guanin zeigten Gleiches in Bezug auf die Gestalt der Nadeln, ihre Löslichkeit und ihr Verhalten in polarisiertem Licht. Auch nach Behrens-Kossel-Schiefferdecker beträgt die Auslöschungsschiefe der Guaninchloridnadeln etwa 28°.

Untersuchungen des Tapetums von *Pecten opercularis* zeigten, daß sich auch hier Guanin-Plättchen in der genannten Anordnung finden. Die Zellkerne sind allerdings nicht so zahlreich anzutreffen wie bei *P. jacobaeus*. Auch das Tapetum von *Spondylus gaederopus* besitzt die charakteristischen Plättchen in schichtweiser Anordnung. Es ist demnach anzunehmen, daß der geschilderte Bau des Tapetums der gleiche innerhalb der Gattungen *Pecten* und *Spondylus* ist.

Die Zusammenfassung der Resultate ergibt folgendes. Das Tapetum des Auges von *Pecten jacobaeus* wird aus kristallinen quadratischen Plättchen zusammengesetzt, die schichtweise übereinander gelagert und in Reihen geordnet sind. Gleiche Plättchen finden sich in der Pigmentschicht. Die Plättchen bestehen wie die Argentea in den Augen niederer Wirbeltiere aus Guanin. Außerdem enthält das Tapetum etwa drei bis sechs Zellkerne ganz charakteristischen Baues. Das Tapetum ist also eine aus schichtweise gelagerten

kristallinen quadratischen Guanin-Plättchen zusammengesetzte Lamelle, in der mehrere Zellkerne eingelagert sind.

Literatur.

Behrens, Kossel, Schiefferdecker, Das Mikroskop, Braunschweig 1889.

Carrière, J., Die Sehorgane der Tiere, München u. Leipzig 1885.

Dakin, W. J., The eye of Pecten, Quart. Journ. of microsc. Science Vol. 55, 1910.

Hensen, V., Über das Auge einiger Cephalopoden, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 15, 1865.

Hesse, R., Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren VI: Die Augen einiger Mollusken, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 68, 1900.

Hickson, S. J., The eye of Pecten, Quart. Journ. of microsc. Science Vol. 20, 1880.

Kalide, G., Vorläufige Mitteilungen über Studien am Gastropoden- und Pectenauge, Zool. Anz. Bd. 11, 1888.

Keferstein, W., Untersuchungen über niedere Seetiere, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 12, 1863.

Küpfer, M., Die Sehorgane am Mantelrand der Pecten-Arten, Jena 1916.

Patten, W., Eyes of Molluscs and Arthropods, Mitt. Zool. Stat. Neapel 1886.

Raehlmann, E., Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes, Jena 1907.

Rawitz, B., Der Mantelrand der Acephalen 1. Teil, Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. 22 (N. F. Bd. 15), 1888.

Schreiner, K. E., Die Augen bei *Pecten* und *Lima*, Bergens Mus. Aarbog 1896.

Will, Fr., Über die Augen der Bivalven und Ascidien, Frorieps Notiz. Natur- u. Heilk. Bd. 29. Nr. 6, Weimar 1844.

Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung der Libellen in den Rheinlanden.

Von
Erich Schmidt, Geisenheim a. Rh.

Seit dem Erscheinen von Otto le Roi's „Odonaten der Rheinprovinz"[1]) möchte man glauben, daß die Libellenfauna des Rheinlandes einigermaßen bekannt sei. Le Roi's Arbeit gibt auch tatsächlich einen guten Überblick über die Zusammensetzung der rheinischen Libellenfauna, und nur stellenweise wird es möglich sein, das Bild im einzelnen weiter auszuführen. In den vorliegenden Zeilen soll dies versucht werden.

Wie le Roi selbst angibt, sind am wenigsten bekannt bis jetzt noch die entlegenen Teile des Westerwaldes, des Bergischen Landes und des Hunsrücks; aus den folgenden Zeilen geht aber hervor, daß sogar die mit am besten bekannte Umgebung Bonns noch einige bemerkenswerte und von dort bisher nicht bekannte Arten aufzuweisen hat. Aber auch aus weiter entfernten Gegenden konnten einige neue Fundorte namhaft gemacht werden. Die Gliederung und die Grenzen des Gebietes sind wie bei le Roi genommen; letztere decken sich daher im Westen nicht mehr ganz mit den politischen. Von meinem jetzigen Wohnsitz Geisenheim aus machte ich Exkursionen in den Hunsrück und an die Nahe; was sonst in der näheren und weiteren Umgebung Geisenheims gesammelt wurde, gehört eigentlich nicht hierher; da aber die betreffenden Angaben benachbarten Rheingebieten angehören und nicht groß an Zahl und doch einigermaßen

1) Verh. Naturhist. Verein Rheinl. Westf., 72. Jahrgang, 1915, S. 119—178.

für diese an Libellen ärmeren Gegenden kennzeichnend sind, bringe ich sie im Anschluß an die Fundorte der Rheinprovinz unter Voransetzung des zugehörigen Landesteiles (Provinz Hessen-Nassau, Freistaat Hessen (Rheinhessen) und Rheinpfalz); sie mögen als Unterlagen für eine künftige, umfassendere Darstellung nicht unwillkommen sein. Die vorangestellten Zahlen stimmen mit denen des Verzeichnisses von le Roi überein.

Da ich nahezu 10 Jahre in der Umgebung Bonns gesammelt habe, sind mir einige Veränderungen in der Libellenfauna einzelner Gebiete aufgefallen. Ganz besonders ist es die Verlandung einer Reihe von Teichen, die in allen Stadien ihr Libellenleben stark beeinflußt. So sah ich an dem kleinen Tümpel in der Nähe der Waldau im Kottenforst bei Bonn in den letzten Jahren vor dem Kriege sowohl *Libellula quadrimaculata* als auch *Aeschna cyanea* sich entwickeln, und früher kam dort sogar *Lestes fuscus* vor, wie Herr C. Frings-Bonn mir mitteilte. Heute jedoch dürften kaum noch Libellen in diesem nahezu ausgetrockneten Teich zur Entwicklung kommen, und nur das Vorkommen des Sumpf- und Ufergrases *Glyceria fluitans*, dessen Blätter *Lestes fuscus* gern — wenn nicht ausschließlich? — als Substrat für die Eiablage benutzt, deutet auf die Möglichkeit einer ehemaligen Besiedlung durch die genannte Libellen-Art hin.

Ein anderer Teich des Kottenforstes hat während des Krieges einen Zuwachs an Arten erhalten, der offenbar mit der Ansiedlung von neuen Pflanzenarten zusammenhängt. Ich meine jenen Tümpel in der Nähe des Gutes Annaberg, der bis zum Winter 1911/12 noch den Euphyllopoden *Chirocephalus* (*Branchipus*) *Grubii* enthielt und seinerzeit unter dem Namen Branchipustümpel bekannt war. In den 3 Jahren vor dem Kriege entwickelten sich in demselben an Libellen *Aeschna cyanea* und *Libellula depressa;* die Larven der ersteren überwinterten in dem nicht stinkenden Laubschlamm am Grunde des Teiches, die der letzteren an den mehr erdigen Teilen des Teichbodens. An Imagines flogen in der Nähe des Teiches auch früher schon eine Reihe anderer Arten, aber

diese ließen sich weder als Larve im Wasser, noch als Exuvien am Ufer des Teiches bislang nachweisen. Erst am 3. 7. 1922 gelang es mir, Larven von *Lestes sponsa* im Wasser und Exuvien dieser Art an im Wasser stehenden *Juncus*-stengeln zu finden, und da diese *Lestes*art mit Vorliebe *Juncus* zur Eiablage benutzt, das bisher einzig beobachtete *Juncus*exemplar aber erst in den Kriegsjahren sich im Teiche ansiedelte[1]), darf man annehmen, daß auch *Lestes sponsa* sich erst seit dem Kriege im Branchipustümpel entwickelt. Aus diesen und mehreren anderen analogen Beobachtungen[2]) ergibt sich, daß solch ausgesprochen karnivore Tiere, wie die Libellen, teilweise zu ihrer Vermehrung auf den Pflanzenwuchs am Ufer der Gewässer angewiesen sind, und gerade die *Lestes*arten scheinen in der Auswahl der Pflanzen einigermaßen wählerisch und dadurch in ihrer Verbreitung beengt zu sein.

Ist hier ein unmittelbarer Zusammenhang vorhanden, so ist ein solcher in anderen Fällen weniger deutlich. Während die Floristik für bestimmte Böden, etwa Kalkböden oder Sphagnum-Polster sog. Leitpflanzen unterscheidet, kennt man schon lange auch bei den Libellen Arten, die an bestimmte Gewässertypen gebunden sind, wobei jedoch der Pflanzenwuchs dieser Gewässer nicht die ausschlaggebende Rolle spielen wird; stark verwischt wird diese Erscheinung durch die außerordentliche Flugfähigkeit der Libellen. An Beispielen sei genannt: *Calopteryx splendens* ist vorzugsweise Bewohner von Flüssen, insbesondere solchen mit geringem Baum- oder Buschbestand der Ufer; *C. virgo* ist besonders Bewohner von Bächen mit schattenspendender Ufervegetation. *Agrion lunulatum* sah ich bisher nur an sphagnumarmen Wiesenmoortümpeln, *Agrion hastulatum* bevorzugt Hochmoortümpel.

---

1) Juncusbüsche stehen in größerer Zahl am oberen Rande der Böschung des nordwestlichen Teichufers. Bis dahin reicht aber das Wasser im Sommer im allgemeinen nicht.

2) Man vergleiche zunächst die Schilderungen von Wesenberg-Lund in Internat. Revue Hydrobiol. Hydrograph. 1913, p. 205, 208, 210 f.

Ebenso scheint *Leucorrhinia dubia* sich vorwiegend in Sphagnumtümpeln zu entwickeln. Mir ist ferner aufgefallen, daß eine Reihe von Libellen, und zwar *Libellula fulva, Aeschna isosceles, Somatochlora flavomaculata,* fast nur dort sich aufhalten und sicherlich auch entwickeln, wo *Agrion pulchellum* in Massen vorkommt, zum mindesten aber die sonst häufigere — und neben *Ischnura elegans* verbreitetste und häufigste deutsche Art — *Agrion puella* an Individuenzahl übertrifft. Derartige Teiche pflegen bei uns überhaupt die größte Zahl von Libellenarten und oft auch -individuen aufzuweisen. Als Paradebeispiel könnte in der Nähe von Bonn der alte Weiher von Roisdorf mit bis jetzt 19 bekannten Arten dienen, ferner der Moorsumpf Lind-Spich mit mindestens ebenso vielen.

Von besonderem Interesse dürften noch die Wanderer aus dem Süden sein. Mir war es vergönnt, 2 solche Arten im Rheinland für kurze Zeit zu beobachten, und zwar *Lestes barbarus* und *Sympetrum fonscolombei.* Erstere Art fand ich, wie bei le Roi schon angegeben ist, an einem Weiher bei Keldenich am 15. 6. 1912. Niemals habe ich vorher oder nachher eine *Lestes*art in solchen Mengen fliegen sehen. Alle Tiere waren frisch geschlüpft, beide Geschlechter in etwa gleicher Zahl vorhanden; an Exuvien habe ich damals trotz eifrigen Suchens danach nur eines finden können. Später (Juli 1912) wurden auch einige Imagines bei Siegburg gesehen. Im nächsten Jahre ergab der Fundort bei Keldenich, ein mit *Batrachium* bedeckter kleiner Teich, 3 Larven, aus denen die Imagines gezogen werden konnten. Es liegt nahe anzunehmen, daß das starke Auftreten der Art mit dem heißen Sommer 1911 in Verbindung zu bringen ist, es läßt sich aber nicht angeben, ob und wann eine Einwanderung erfolgte.

Während nun *Lestes barbarus* sich bei uns zu entwickeln vermochte, war dies bei *Sympetrum fonscolombei* nicht zu bemerken. Gemeinsam ist beiden Beobachtungen nur, daß die Imagines relativ früh im Jahre da waren, während sonst die einheimischen *Lestes-* und *Sympetrum*-Arten mehr zu den spätfliegenden gehören und in der Regel — die als Imago überwinternde *Lestes fuscus* ausgenommen — kaum

vor Juli fliegen. Ich fand *Sympetrum fonscolombei* zuerst am 16. 5. 20 in der Wahner Heide an einem durch industrielle Abflüsse entstandenen Stauweiher, 250 m südlich △ 68.1 des Meßtischblattes Wahn. An diesem Tage war es mir nicht möglich, eines der äußerst geschickt fliegenden Tiere zu erbeuten, und ich ging daher ein zweites Mal an dieselbe Stelle, am 13. 6. 20, wo die Tiere noch unverändert flogen und ich 3 ♂♂ ins Netz bekam. Die Tiere hielten sich nicht ausschließlich am Ufer des Teiches auf, sondern flogen auch noch einige Meter landeinwärts, wo mir allein der Fang glückte. Ich glaube nur ♂ Tiere fliegend gesehen zu haben und möchte sogar vermuten, daß nur ♂♂ überhaupt da waren. Als ich am 23. 5. des darauffolgenden Jahres 1921 dieselbe Stelle wieder aufsuchte, waren von Libellen nur einige *Leucorrhinia* zu sehen. Am Ufer waren dunkle, übelriechende Massen in größerer Menge niedergeschlagen, die sich anscheinend aus dem Abwasser, das in den Teich fließt, gebildet hatten; man darf annehmen, daß diese Abscheidungen eine dauernde Ansiedlung unserer Art unmöglich gemacht hätten, auch wenn etwa ♀ Tiere zugegen gewesen wären.

Es folgt nun die Aufzählung der Fundorte, soweit sie mir mitteilenswert erscheinen. Einen Teil übermittelte mir Herr Dr. Gilbert Rahm O. S. B. z. Zt. Freiburg (Schweiz), dem auch an dieser Stelle dafür gedankt sei.

1. *Calopteryx virgo* L. Rheintal: Ahrental b. Sinzig (Rahm), Nahetal: Gans b. Kreuznach; Moseltal: Kobern; Eifel: Laacher See (Rahm), Call (Rahm), Weingarten, Calcarer Sumpf, Schalkenmehren-Ellschied, Hüllscheider Bach südl. Daun; Westerwald: Wahnbachtal b. Seligenstadt; Aggertal: Siegburg-Lohmar. — Hessen-Nassau: Geisenheim, Johannisberg, Mariental, Grolochtal, Wispertal. Rheinpfalz: Alsenztal b. Altenbamberg, Winnweiler, Donnersberg-Kirchheim-Bolanden.

2. *Calopteryx splendens* Harr.: Rheintal: Rheinstein, Rolandseck, Sinzig (Rahm); Hunsrück: Lamedbachtal; Eifel: Roertal, Montjoie-Reichenstein, Call (Rahm), Laacher See (Rahm), Gemündener Maar (Rahm); Siegtal: Buisdorf;

Aggertal: Siegburg Lohmar, gemein; Westerwald: Wahnbachtal b. Seligenstadt; Tiefebene: Pützchen b. Beuel, Roisdorf. — Hessen-Nassau: Schönbornsche Au b. Geisenheim; Sümpfe zwischen Schierstein und Niederwalluf; Grolochtal. Rheinhessen: Alte Rheinarme b. Freiweinheim.

3. *Lestes fuscus* Vanderl.: Vorgebirge: Mertener Heide, im Heidekraut fliegend (18. 8. 19); Westerwald: Teich b. Obercassel; Tiefebene: Roisdorf, Hangelarer Heide, Heideweiher b. Pützchen (Rahm). — Hessen-Nassau: Umgebung von Geisenheim, mehrfach, einmal sehr früh: 1. 3. 25 in Waldlichtung fliegend.

5. *L. barbarus* F.: Eifel: Laacher See, am Krufter Ofen (Rahm).

6. *L. viridis* Vanderl.: Eifel: Laacher See (Rahm); Westerwald: Ennertsee b. Beuel; Bergisches Land: Sengbachtalsperre (Rahm), Brucher Mühle (Rahm), Altenberger Dom (Rahm); Tiefebene: Roisdorf, Pützchen b. Beuel (Rahm u. Verf.), Hangelarer Heide (Rahm u. Verf.), Spich (Rahm), Königsforst b. Bensberg (Rahm), Worringer Bruch (Rahm).

8. *L. sponsa* Hansem.: Tiefebene: Roisdorf, Worringer Bruch, Schloß Castellen, Hangelar (Rahm), Königsforst (Rahm).

9. *Platycnemis pennipes* Poda: Eifel: Laacher See (Rahm); Westerwald: Wahnbach b. Seligenstadt; Tiefebene: Siegburg, Mondorf. — Hessen-Nassau: Hafen von Rüdesheim, Weinberge nördl. Geisenheim (1 ♂). — Rheinhessen: Umgebung von Freiweinheim. Rheinpfalz: Alsenztal b. Altenbamberg.

11. *Ischnura elegans* Vanderl.: Rheintal: Bingerbrück-Trechtingshausen; Eifel: im Kottenforst verbreitet; Aggertal: Siegburg Lohmar; Tiefebene: Roisdorf, Friesdorf, Beuel, Worringer Bruch. — Hessen-Nassau: Hafen von Rüdesheim, Mariental-Johannisberg, Schierstein Niederwalluf (Rheinufer). Rheinhessen: Umgebung von Freiweinheim.

12. *I. pumilio* Charp.: Tiefebene: Wahner Heide, Hangelar (Rahm), Pützchen (Rahm).

13. *Enallagma cyathigerum* Charp.: Eifel: Vichel (nördl. Ahr); Westerwald: Ennertsee b. Beuel; Vorgebirge: Großes Cent; Tiefebene: Keldenich (Entenfang), Friedrich-Wilhelmshütte, Pützchen, Worringer Bruch.

14. *Agrion Lindeni* Selys: Tiefebene: Müllekoven (Rahm).

15. *A. pulchellum* Vanderl.: Eifel: Mürmessümpfe und Umgebung (2 ♂, 1 ♀ gefangen). Ein Fundort zwischen den Maaren! (cf. le Roi a. a. O. S. 133); Aggertal: Siegburg-Lohmar (1 ♂); Tiefebene: Roisdorf, gemein; Friedrich-Wilhelmshütte, Worringer Bruch (Verf. u. Rahm).

16. *A. mercuriale* Charp.: Angaben in Tageszeitungen über neue Fundorte dieser Art bedürfen der Nachprüfung.

17. *A. hastulatum* Charp.: Eifel: Mürmessümpfe und Umgebung (2 ♂, 1 ♀), Weiher im Roertal zwischen Kalterherberg und Montjoie; le Roi's Angabe „Mützenicher Venn" und „Jaberg in der Hildener Heide" sind zu streichen. Westerwald: Altwied; Aggertal: Siegburg-Lohmar; Tiefebene: Keldenich (Entenfang).

18. *A. lunulatum* Charp.: Tiefebene: Wahner Heide (1 ♂ 16. 5. 20, 2 ♀ 13. 6. 20). Bisher war diese Art nur aus der Nähe der holländischen Grenze bekannt; sie war in der Wahner Heide nicht an den Sphagnumsümpfen zu finden, sondern nur an dem oben erwähnten Sperrteich, an dem auch *Ischnura pumilio* und *Sympetrum Fonscolombei* flogen. Es ist zu erwarten, daß diese Art noch anderwärts in der Wahner Heide aufgefunden wird.

19. *A. puella* L.: Eifel: Weiher im Roertal zwischen Montjoie und Kalterherberg; Mürmessümpfe (1 ♂), Remagen; Westerwald: Ennertsee b. Beuel; Aggertal: Siegburg-Lohmar; Tiefebene: Worringer Bruch, Beuel. — Hessen-Nassau: Hafen von Rüdesheim, Schönborn'sche Au b. Geisenheim, Mariental-Johannisberg, Bienenberg b. Geisenheim, Notgottes; Rheinhessen: Umgebung von Freiweinheim, Gau-

Algesheimer Kopf. Die von Wanach[1]) genannte Varietät a des ♀ wurde von mir einige Male, auch in der Rheinprovinz beobachtet.

20. *Erythromma naias* Hansem.: Eifel: Wanzenboden (1 ♂), Mühlenteich b. Laach (Rahm); Tiefebene: Friedrich-Wilhelmshütte, Roisdorf, Worringer Bruch, Hangelar (Rahm), Pützchen (Rahm). — Hessen-Nassau: Hafen von Rüdesheim, Schierstein-Niederwalluf; Rheinhessen: Sumpfgebiet östl. Freiweinheim.

21. *E. viridulum* Charp.: Tiefebene: Roisdorf, Müllekoven (Rahm). — Hessen-Nassau: Sumpfgebiet Schierstein-Niederwalluf.

22. *Pyrrhosoma nymphula* Sulzer: Eifel: Gemündener Maar, Mühlenteich b. Laach (Rahm), Jünkerath (Rahm); Vorgebirge: Oedekoven; Westerwald: Ennertsee b. Beuel, Obercassel, Friedrichstal-Laubachmühle (Wied); Aggertal: Siegburg-Lohmar; Siegtal: Buisdorf; Tiefebene: Roisdorf, Friesdorf, Urbach (Rahm). – Hessen-Nassau: Marienthal-Johannisberg, Notgottes b. Geisenheim, Georgenborn-Dotzheim, Feldberggebiet (Taunus).

23. *P. tenellum* de Villers: Tiefebene: Heidetümpel b. Pützchen (Rahm), Hangelar (Rahm).

25. *Gomphus pulchellus* Selys: Hessen-Nassau: Hafen von Rüdesheim.

26. *G. vulgatissimus* L.: Hunsrück: Franzosenkopf.— Hessen-Nassau: Notgottes b. Geisenheim, Lorch a. Rhein.

27. *Ophiogomphus serpentinus* Charp.: Tiefebene: Siegmündung.

28. *Onychogomphus forcipatus* L.: Saar: Wiltingen, 1 ♀ (leg. Franz Schawel); Eifel: Laacher See (Rahm); Westerwald: Hochscheid-Dasbach (Rahm).

29. *Cordulegaster annulatus* Latr.: Hunsrück: Opelgebirge (1 ♀ Larvenhaut, 19. 6. 21), Lamedbachtal (9. 8. 25, 1 ♂); Westerwald: Marienstatt (Rahm). — Hessen-Nassau: Krederstal (südl. Seitental des Wispertales, Taunus),

1) Entom. Mitt. VI, 1917, S. 78.

6. 8. 22, 1 ♂. — Die Angabe le Roi's „Gelpetal bei Elberfeld" bedarf des Hinweises, daß nur der Cordulegastertyp im Fluge erkannt wurde; allein die Jahreszeit (Ende Juli 1907 oder 08) der Beobachtung läßt die vorliegende Art vermuten.

30. *C. bidentatus* Selys: Hunsrück: Morgenbachtal 2 ♂,11. 6. 25. — Hessen-Nassau: Notgottes b. Geisenheim, nur den Cordulegastertyp im Fluge erkannt, der Jahreszeit (7. 6. 25) nach diese Art.

31. *Brachytron hafniense* Müll.: Eifel: Laacher See (Rahm); Siegtal: Buisdorf (Larvenhaut); Tiefebene: Roisdorf, Hangelarer Heide.

33. *Aeschna juncea* L.: Eifel: Ellscheid (Rahm).

34. *Ae. mixta* Latr.: Rheintal: Ahrental b. Sinzig (Rahm); Tiefebene: Roisdorf, Worringer Bruch, Pützchen, Hangelar (Rahm).

35. *Ae. cyanea* Müll.: Hunsrück: Lamedbachtal; Westerwald: Straßenhaus (Dr. Gräve †); Aggertal: Siegburg-Lohmar; Tiefebene: Roisdorf, Hildener Heide am Jaberg. — Hessen-Nassau: Geisenheim, Mariental-Johannisberg, Kronberg. — Die Angabe le Roi's (a. a. O. S. 150) „Dinkelsmühle" ist in „Winkelsmühle" umzuändern.

36. *Ae. isosceles* Müll.: Tiefebene: Roisdorf (Belegstücke), Moorsümpfe Lind-Spich, 13. 6. 20, nur im Fluge erkannt. Bisher aus der Nähe von Bonn nicht bekannt.

37. *Anax imperator* Leach: Westerwald: Ennertsee; Tiefebene: Roisdorf, Beuel. — Hessen-Nassau: Hafen von Rüdesheim, Schierstein Niederwalluf.

38. *Somatochlora metallica* Vanderl.: Tiefebene: Siegmündung, Mohrenhoven (Rahm).

39. *S. arctica* Zett.: Aggertal: Siegburg-Lohmar, 1 ♂, dicht am Flusse sitzend und träge, vielleicht von der Wahner Heide, woher die Art bekannt ist, verflogen. Das Tier bleibt in der Länge von Abdomen und Hinterflügel um 2 mm hinter den von Ris[1]) angegebenen Maßen zurück.

---

1) In: Die Süßwasserfauna Deutschlands, herausgegeben von A. Brauer, Heft 9, S. 32.

40. *S. flavomaculata* Vanderl.: Tiefebene: Wahner Heide.

41. *Cordulia aenea* L.: Westerwald: Ennertsee; Aggertal: Siegburg-Lohmar; Tiefebene: Roisdorf, gemein; Hangelar (Rahm). — Hessen-Nassau: Marienthal-Johannisberg.

42. *Orthetrum coerulescens* Fabr.: Eifel: Laacher See (Rahm); Tiefebene: Beuel (Rahm); Caldauen b. Siegburg.

43. *O. brunneum* Fonsc.: Rheinpfalz: Calmit-Hambach (Haardt).

44. *O. cancellatum* L.: Tiefebene: Roisdorf. — Hessen-Nassau: Hafen von Rüdesheim.

45. *Libellula maculata* L.: Eifel: Mürmessümpfe. Statt „Kalterherberg (E. Schm.)“ und „Hohes Venn (Dr. Ahrends)“ bei le Roi (a. a. O. S. 156) ist zu setzen „Kalterherberg (Dr. Arens)“; Aggertal: Siegburg-Lohmar; Tiefebene: Friesdorf (1914 gemein), Urbacher Senke.

46. *L. fulva* Müll.: Tiefebene: Kempen (Rahm).

47. *L. depressa* L.: Rheintal: Sinzig (Rahm); Tiefebene: Siegburg (Rahm), Siegmündung, Roisdorf. — Hessen-Nassau: Hafen von Rüdesheim.

48. *Sympetrum striolatum* Charp.: Hunsrück: Forsthaus Seesbach, Alteburg; Eifel: Hirschweiher, Laacher See (Rahm); Tiefebene: Friesdorf. — Hessen-Nassau: Stephanshausen-Hallgarter Zange.

49. *S. vulgatum* L.: Eifel: Laacher See (Rahm); Tiefebene: Siegburg, Wahner Heide, Roisdorf. — Hessen-Nassau: Geisenheim, Feldberggebiet im Taunus.

50. *S. Fonscolombei* Selys: Tiefebene: Wahner Heide, 3 ♂, 13. 6. 20, Teich 250 m südl. △ 68.1, bereits 13. 5. fliegend.

51. *S. flaveolum* L.: Eifel: Laacher See (Rahm). — Hessen-Nassau: Schönbornsche Au b. Geisenheim, Kammerforst.

53. *S. sanguineum* Müll.: Eifel: Schalkenmehren (Rahm), Laacher Fischteiche (Rahm); Tiefebene: Roisdorf. — Hessen-Nassau: Ingelheimsche Au b. Geisenheim.

54. *S. danae* Sulzer: Tiefebene: Friesdorf, Hangelar (Rahm).

57. *Leudorrhinia rubicunda* L.: Eifel: Kottenforst (Hirschweiher, Waldauweiher); Tiefebene: Hangelar (Rahm), Bechlinghoven (Rahm).

58. *L. pectoralis* Charp.: Eifel: Gemündener Maar, Hirschweiher im Kottenforst.

Zu den bisher aus der Rheinprovinz bekannten 58 Arten wäre noch hinzuzurechnen:

59. *Epitheca bimaculata* Charp.: Tiefebene: Krefeld-Süchteln (Rahm). Das Stück hat mir jedoch nicht vorgelegen.

Untersuchungen an Rhizopoden aus Buchenhöhlen.

Von

Hans Schmidt, Krefeld.

Mit 2 Abbildungen.

Die beiden hier beschriebenen Rhizopoden, *Pelomyxa paradoxa* Penard und *Cryptodifflugia Voigti* n. sp., wurden in Wasseransammlungen der kleinen Höhlen gefunden, wie sie sich am Fuße der Buchen durch Abzweigung der Wurzeln bilden. Es handelt sich um Regenansammlungen, wie sie auch bei anderen Pflanzen, z. B. den Doldengewächsen, vorkommen. Die besonderen Verhältnisse dieser kleinen Gewässer der Buchenhöhlen bestehen darin, daß sie zeitweise ganz austrocknen, daß sie zur Zeit des Frostes zu Eisblöcken gefrieren und daß faulendes Buchenlaub sich stets reichlich in ihnen findet. Eine solche Lebensstätte (Biotop) muß eine Bevölkerung umfassen, die „eine gut gekennzeichnete Einheit ist, eine Lebensgemeinschaft oder Biocoenose. Die Biocoenose ist die Vergesellschaftung von Lebewesen, die einen einheitlichen Abschnitt des Lebensraumes bewohnt und in der Auswahl und Zahl der Arten den durchschnittlichen äußeren Lebensverhältnissen entspricht“ (1). Die Charaktertiere sind die nur hier vorkommenden Stechmücken *Aedes ornatus* Meigen und *Anopheles nigripes* Staeger, die Chironomiden *Metrioknemus Martinii, Dasyhelea sensualis und lingnicola* und die Schlammfliege *Myiatropa florea*, von Käfern *Prionocyphon serricornis* Müll. im Larvenstadium und das Rädertier *Habrotrocha Thienemanni* Hauer (2 u. 9).

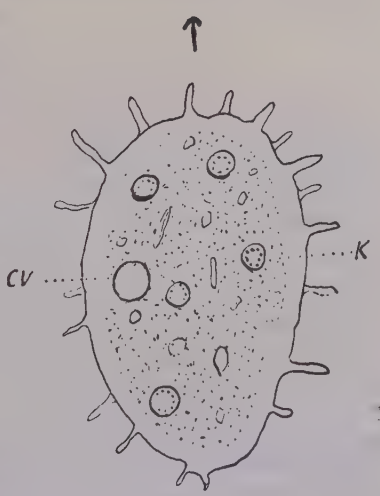
Das Wasser der Baumhöhlen ist durch Schlamm (Detritus von faulendem Laub) stark getrübt. Filtriert zeigt es noch eine gelbliche Färbung. Stets macht sich ein starker

Ammoniakgeruch bemerkbar. Die am Schlusse dieses Aufsatzes mitgeteilte Gesamtanalyse läßt erkennen, daß es sich hier um Wasser handelt, das einem Brunnenwasser mittlerer Härte gleicht. Vor allem fällt bei ihm der starke Alkali-, besonders Kaligehalt auf. Diese Verhältnisse sind aber zu verstehen, wenn man bedenkt, daß durch die dauernde Fäulnis der Buchenblätter eine Anreicherung mit Salzen erfolgen muß. Auf die starke Fäulnis ist es wohl auch zurückzuführen,, daß Sauerstoff nach dem Verfahren von Winkler in dem Baumhöhlenwasser nicht nachzuweisen war.

In diesem physikalisch und chemisch so eigenartigen Medium leben auch eine Reihe von Protozoen. Mit ihrer Untersuchung beschäftigt fand ich zwei Arten so reichlich, daß ich darüber jetzt schon eingehender berichten kann.

1. Pelomyxa paradoxa Penard (Abb. 1).

Die von mir aufgefundenen Amöben glaube ich mit der von Penard (3) unter dem Namen *Pelomyxa paradoxa* beschriebenen identifizieren zu können, obwohl sie sich in mancher Hinsicht von ihr unterscheiden. Auch habe ich nur die vielkernige Form beobachtet, nicht die einkernige, von der Penard berichtet.



Fi. 1.

Die Größe der Tierchen schwankt zwischen 70—90 μ (Penard gibt 100—150 μ an.) Die Form ist gewöhnlich länglich, manchmal auch rund. Die pseudopodienartigen Fortsätze des Körpers habe ich nie verschwinden sehen; sie scheinen ziemlich starr zu sein. An der Bewegung beteiligen sie sich nicht; diese geschieht durch das gesamte Körperprotoplasma, ähnlich wie bei den Limaxformen. Die Zahl der

Kerne beträgt nie mehr als 7, während Penard bis 20 angibt. Größe und Form der Kerne entsprach ganz den Angaben Penards. Penard hat nie eine kontraktile Vakuole beobachtet. In der Tat ist diese bei Individuen, die stark mit Nahrungskörpern angefüllt sind, schwer zu erkennen. Bei durchsichtigen Tieren lassen sich aber alle Einzelheiten der Vakuolentätigkeit leicht beobachten.

Der Durchmesser der in Einzahl vorhandenen kontraktilen Vakuole betrug 11—15 μ. Die Pulsationen erfolgten alle 25—30 Sekunden bei einer Temperatur von 17° C. Ihre Häufigkeit ist stark von der Temperatur abhängig; bei Erwärmung stieg die Frequenz, sodaß das Intervall nur noch 10 Sek. betrug. Bei Abkühlung sank die Geschwindigkeit bis zu einem Intervall von 35—45 Sek. Je nach der Temperatur ist also eine Beschleunigung auf das 4—5fache möglich. Da nach der van't Hoff'schen Regel (RGT-Regel, Reaktionsgeschwindigkeit-Temperaturregel) die Geschwindigkeit chemischer Prozesse durch eine Erhöhung der Temperatur um 10° C. verdoppelt wird, so darf man mit Kanitz (4) annehmen, daß die Erhöhung der Pulsfrequenz bei steigender Temperatur auf verstärkte chemische Prozesse im Innern der Zelle zurückzuführen ist.

Die Vakuole stellt in gefülltem Zustande eine Kugel dar, deren Volumen sich unschwer feststellen läßt. Aus dem Volumen und der Anzahl der Pulsationen läßt sich dann die Flüssigkeitsmenge berechnen, die in einer bestimmten Zeit ausgeschieden wird. Bestimmt man außerdem das Körpervolumen des Tierchens, so läßt sich auch die Zeit berechnen, in der ein dem Körpervolumen gleiche Flüssigkeitsmenge zur Ausscheidung gelangt. Maupas (5) hat diese Bestimmungen für einige Infusorien durchgeführt. Aehnlich erstaunlich kurze Zeiten wie Maupas erhielt ich für *Pelomyxa paradoxa:* Nur 15—20 Min. waren bei einer Temperatur von 17° C. nötig.

Aber auch von dem osmotischen Druck des Mediums ist die Häufigkeit der Pulsationen abhängig, wie es für andere Organismen schon gezeigt ist. Ich hielt die Pelomyxen

wochenlang in Wasser aus Buchenhöhlen, steigerte aber allmählich die Kochsalzkonzentration bis zu einer Stärke von 1 %. Die Amöben vertrugen diese Aenderung, indem sie sich den verschiedenen osmotischen Drucken anzupassen wußten. Aeußerlich sichtbar wurde diese Anpassung dadurch, daß die Frequenz der Pulsationen immer mehr abnahm und schließlich die Vakuole gänzlich verschwand. Setzte ich nun wieder salzfreies Wasser zu, um die Konzentration allmählich zu verringern, so trat die Vakuole wieder in Tätigkeit. Es zeigt sich also auch bei unserer Amöbenart, daß die kontraktile Vakuole nur eine Anpassungserscheinung an den osmotischen Druck darstellt. Im natürlichen Medium besitzt die Zelle einen höheren osmotischen Druck als ihre Umgebung. Infolgedessen wird dauernd Wasser in die Zelle eindringen, und sie müßte schließlich platzen, wenn nicht die überschüssige Flüssigkeit ausgeschieden würde.

Es besteht die immer noch nicht ganz geklärte Frage, ob hierin die einzige Funktion der kontraktilen Vakuole zu suchen ist, oder ob sie auch eine emunktorielle Tätigkeit auszuüben hat. Degen (6) setzte dem äußeren Medium Farbstoffe, u. a. Methylenblau, zu, konnte aber nicht feststellen, daß durch die Vakuole der eingedrungene Farbstoff wieder ausgeschieden wurde. Als Versuchstier benutzte er *Glaucoma colpidium*.

Zuerst glaubte ich bei *Pelomyxa paradoxa* ein ähnlich negatives Ergebnis zu erzielen. Aber eine 4stündige ununterbrochene Beobachtung belehrte mich eines Besseren. Nach etwa 2 Stunden war das Plasma durch die sehr verdünnte Methylenblaulösung wenigstens stellenweise blau gefärbt. Eine Exkretion durch die Vakuole war aber noch nicht zu erkennen. Es dauerte weitere 2 Stunden, bis die in der Vakuole sich sammelnde Flüssigkeit deutlich blau erschien. Durch die weitere Vakuolentätigkeit wurde das Plasma allmählich gänzlich entfärbt, also der ganze Farbstoff ausgeschieden. Durch solche Beobachtungen wird deutlich, daß die Vakuole ein Emunktorium ist und der Ausscheidung wirklicher Exkretstoffe, nämlich der Abbauprodukte des Stoff-

wechsels, dient; gleichzeitig wird dadurch die oft geäußerte Ansicht hinfällig, die Vakuole nehme ihre Flüssigkeit direkt aus dem umgebenden Medium.

Noch einige Versuche will ich hier erwähnen, die mir physiologisch von Bedeutung zu sein scheinen. Ich filtrierte Wasser aus Buchenhöhlen mehrmals, sodaß keine Detritus-partikelchen mehr darin enthalten waren. In dieser gelblich gefärbten, aber von festen Nahrungsteilchen freien Flüssigkeit konnte ich die Pelomyxen 3 Wochen lang lebend erhalten, ohne daß eine Verminderung der Körpersubstanz festzustellen war. Derartige noch länger und mit allen Vorsichtsmaßregeln ausgeführte Versuche könnten zur Klärung der Frage beitragen, die seit P ü t t e r (7, 8) noch immer keine einwandfreie Lösung gefunden hat, nämlich ob g e l ö s t e organische Substanz für die tierische Ernährung verwandt werden kann, wie es ja tatsächlich für die im Gewebsverbande höherer Pflanzen und Tiere lebenden Zellen der Fall ist.

Wie schon oben erwähnt, ergab die Prüfung auf Sauerstoff nach der Methode von W i n k l e r das Fehlen nachweisbarer Mengen. Es folgt daraus, daß die Buchenhöhlenorganismen zum Mindesten in sehr sauerstoffarmem Medium leben. Um diese oekologisch bemerkenswerte Erscheinung auch experimentell nachzuprüfen, kochte ich Wasser aus Buchenhöhlen längere Zeit, bis aller Sauerstoff herausgetrieben sein mußte. Dann wurden Pelomyxen in das Gefäß gebracht und das Eindringen von Luft durch Gummistopfen und Paraffinüberzug unmöglich gemacht. Das Wasser war nur gekocht, nicht filtriert, enthielt also noch Detritus. Nach 3 Stunden waren die Amöben noch am Leben, nach weiteren 3 Stunden aber sämtlich tot. Vollkommener Mangel an Sauerstoff tötet also die Tiere auf die Dauer; doch ist der Bedarf an freiem Sauerstoff äußerst minimal.

Stark sauerstoffhaltiges Wasser ist offenbar für die Pelomyxen direkt schädlich, wie folgender Versuch zeigt. Leitete ich etwa eine halbe Stunde lang reinen Sauerstoff durch die Flüssigkeit, in der sich Pelomyxen befanden, so

konnte ich damit rechnen, daß alle Tiere abgestorben waren. Da Penard seine *Pelomyxa paradoxa* in einem Weiher, also in einem sauerstoffreicheren Medium fand, die Pelomyxen aus den Baumhöhlen aber gegen Sauerstoff sich sehr empfindlich zeigten, dürfte es sich bei letzteren um eine physiologische Varietät der von Penard beschriebenen Form handeln. Es erscheint ausgeschlossen, daß es sich um eine tychocoene Form handelt; vielmehr dürften die beiden Varietäten stenotop, also ihrem ganz speziellen Lebensbezirk angepaßt sein.

2. Cryptodifflugia Voigti n. sp. (Abb. 2).

Diese kleine Form fand ich bisher nur in einer Buchenhöhle, aber dort recht häufig. Es handelt sich bei ihr zweifellos um eine neue Art, die ich zu Ehren des Jubilars, dem diese Festschrift gewidmet ist, *Cryptodifflugia Voigti* nennen möchte. Ihren Merkmalen nach gehört die nur etwa 24—27 μ große Form zur Gattung Cryptodifflugia Penard. Der Plasmaleib ist von einer durchsichtigen Hülle umgeben, die den Inhalt deutlich erkennen läßt. Die Breite der Hülle ist 9—11 μ. Oft sind ihr kleine Sandkörnchen aufgelagert, die aber keineswegs ein notwendiger Bestandteil der Hülle sind. Die Hülle ist bei jungen Individuen farblos, bei älteren wird sie bräun-

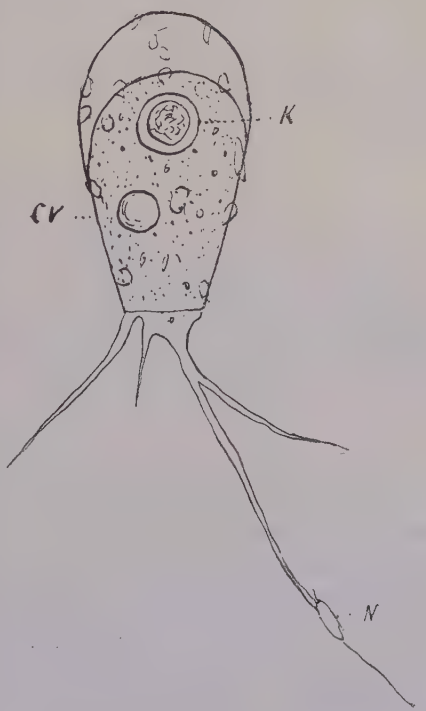


Fig. 2.

lich. Der protoplasmatische Inhalt füllt die Schale nicht vollkommen aus, sondern das letzte Fünftel der Schale bleibt frei.

Im hinteren Teile des Plasmas liegt der Kern, der einen großen kugeligen Nukleolus enthält. Auch eine kontraktile Vakuole ist vorhanden; sie befindet sich etwas seitlich gelagert zwischen Kern und Schalenmündung. Bei Zimmertemperatur ist das Pulsintervall etwa 11 Sek.

Das Plasma ist mit vielen kleinen Körnchen angefüllt. Die Pseudopodien sind oft recht lang und können die Länge der Schale ums Doppelte übertreffen; sie sind schmal und zart und offenbar am Ende klebrig; denn bei schnellen und heftigen Erschütterungen kommt es vor, daß beim Zurückziehen der Pseudopodien die Enden abreißen. Ihre Zahl ist gering; ich habe nicht mehr als 4 beobachtet. Die Klebrigkeit zeigt sich auch dann, wenn winzige Organismen, z. B. Flagellaten, mit ihnen in Berührung kommen; diese haften fest, machen noch kurze Zeit heftige Versuche, sich zu befreien und werden dann mit den Pseudopodien in das Innere zurückgezogen und verdaut. Das Plasma der Pseudopodien ist außerdem sehr reizbar. Bei geringen Erschütterungen wird es runzlich, bei stärkeren entstehen kleine Aussackungen, die wie Tröpfchen an den Scheinfüßchen sitzen.

Nachtrag.

Von Herrn Dr. Schwabe, Direktor des städt. chem. Untersuchungsamtes, Krefeld, wurde auf meine Bitte hin eine chemische Gesamtanalyse des Buchenhöhlenwassers durchgeführt, deren Ergebnisse für die Beurteilung der oekologischen Verhältnisse der Baumhöhlen nötig sind und auch für weitere Untersuchungen der Baumhöhlenlebewesen eine wertvolle Vorarbeit darstellen. Ich lasse die Ergebnisse der Analyse hier wörtlich folgen:

Untersuchung einer Wasserprobe aus Buchenhöhlen (eingeliefert am 8. X. 25).

Die Probe enthielt reichliche Mengen eines schwarzen Schlammes (verfaultes Laub); es mußte daher abfiltriert werden.

Aeußerer Befund: Farbe des Wassers schwach gelblich, kein auffallender Geruch usw.

Reaktion: neutral.

Ammoniak: in starkem Maße vorhanden.

Salpetrige Säure	fehlt.
Salpetersäure	Spuren.
Chlor (als Chlor berechnet) Cl	85,2 mgr im Liter
Schwefelsäure SO_3	128,8 „ „ „
Kalk CaO	63,6 „ „ „
Magnesia MgO	21,1 „ „ „
Eisen Fe	Spuren
Mangan Mn	1,54 „ „ „
Natrium, als Natriumoxyd berechnet Na_2O	37,2 „ „ „
Kalium, als Kaliumoxyd berechnet K_2O	59,3 „ „ „
Abdampfrückstand	496,0 „ „ „
Organische Substanzen: Permanganatverbrauch	85,5 „ „ „
Gesamthärte in deutschen Graden	9,4°
Carbonathärte in „ „	6,2°
Bleibende Härte in „ „	3,2°

Das vorliegende Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung im allgemeinen dem eines Brunnenwassers mittlerer Härte, natürlich abgesehen von dem erheblichen Gehalt an Ammoniak (Schlamm). Hervorzuheben ist der relativ reichliche Gehalt an Alkalien und hierbei wieder das Ueberwiegen des Kaliums gegenüber dem Natrium; etwas erhöht ist bei der sonstigen Zusammensetzung der Sulfatgehalt. Der Alkaligehalt — besonders der relativ reichliche Kaliumgehalt — erklärt sich ohne weiteres aus der Herkunft des Wassers. Die Höhe der organischen Substanz steht selbstverständlich in Zusammenhang mit der Schlammabsonderung.

Der schwarze Schlamm hinterläßt in getrocknetem Zustande einen Glührückstand von 53,3 %. Der Glührückstand besteht aus den normalen Bestandteilen pflanzlichen Materials, wie Kieselsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlor, Kalk, Magnesia, Tonerde, Eisen, Alkalien usw. Durch das Faulen des Schlammes hat eine gewisse „Mineralisierung" sich ergeben.

Literatur.

1. R. Hesse, Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena 1924.
2. A. Thienemann, Die Gewässer Mitteleuropas. In: Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. Stuttgart 1924.
3. E. Penard, Faune Rhizopodique du bassin de Leman. Genf 1902.
4. A. Kanitz, Der Einfluß der Temperatur auf die pulsierenden Vakuolen der Infusorien usw. Biol. Ctbl. Bd. 27 (1907).
5. E. Maupas, Contribution à l'étude morphologique et anatomique des Infusoires ciliés. Arch. d. zool. exp., Ser. 2, T. 1 (1883).
6. A. Degen, Untersuchungen über die kontraktile Vakuole und die Wabenstruktur des Protoplasmas. Bot. Ztg., Jahrgang 63 (1905).
7. A. Pütter, Die Ernährung der Wassertiere. Verworns Zeitschrift f. allg. Physiol. Bd. 7 (1907).
8. — —, Der Stoffhaushalt des Meeres (ebendort).
9. J. Hauer, Habrotrocha Thienemanni sp. n., ein in Höhlungen der Buchen lebendes Rädertier. Arch. f. Hydrol. Bd. XIV. 1923.

Das Glanzepithel und die Schillerfarben der Sapphirinen nebst Bemerkungen über die Erzeugung von Strukturfarben durch Guanin bei anderen Tieren.

Von

W. J. Schmidt in Bonn (Zoolog. Institut).

Mit 11 Abbildungen im Text.

Inhalt.

I. Das Glanzepithel und die Schillerfarben der Sapphirinen.

Seite

Einleitung 227
1. Die bisherigen Angaben über Glanzepithel u. Schillerfarben 228
2. Das Untersuchungsmaterial 233
3. Der Bau des Glanzepithels 235
4. Die Konstanz der Glanzzellen 247
5. Die Doppelbrechung der Glanzplättchen 257
6. Die chemische Natur der Glanzplättchen 261
7. Die Entstehung der Schillerfarben 266
8. Die Änderung des Schillers durch gewisse Reagentien und beim Absterben 279
9. Vergleich zwischen den Schillerfarben der Sapphirinen, Schmetterlinge und Vögel 281

II. Bemerkungen über die Erzeugung von Strukturfarben durch Guanin bei anderen Tieren 283

Zusammenfassung der Ergebnisse 294

Widmung 300

I. Das Glanzepithel und die Schillerfarben der Sapphirinen.

Einleitung.

Zu den reizvollsten Erscheinungen in der Tierwelt des Mittelmeeres gehören die in lebhaftestem farbigen Glanz schimmernden Männchen der Sapphirinen. Wer einmal, bei

ruhiger See, über den Bootsrand gebeugt, diese nur wenige Millimeter langen Copepoden gleich Juwelen in der Tiefe bald auffunkeln, bald wieder verlöschen sah, oder, die erbeuteten Sapphirinen im Glas betrachtend, sich an dem metallischen Farbenschiller der plötzlich sichtbar werdenden, dann wieder dem Blick entschwindenden Tierchen erfreute, wird sich fragen: soll man gewissen Kolibris und Schmetterlingen oder nicht vielmehr diesen kleinen Krebschen den Preis der glänzendsten Farben im Tierreich zusprechen?

Nach der Ansicht fast aller Forscher, die sich mit dieser Erscheinung abgaben, haben diese prächtigen Farben ihren Sitz in einer eigenartig gebauten, nur dem Männchen zukommenden und auf seine Dorsalseite beschränkten, unmittelbar unter der Cuticula gelegenen dünnen Schicht, die vergleichend histologisch als Hypodermis (Körperepithel) anzusprechen ist. Wegen ihrer charakteristischen Ausbildung und weil auch meine Befunde ergaben, daß dieses Epithel der Träger der Farben ist, und schließlich um eines kurzen Ausdrucks willen, bezeichne ich diese modifizierte Hypodermis, wie bereits im Titel geschehen, als Glanzepithel, den charakteristisch strukturierten und die Farben erzeugenden Anteil seiner Zellen als Glanzschicht.

1. Die bisherigen Angaben über das Glanzepithel und die Schillerfarben.

Es ist selbstverständlich, daß eine so auffallende Erscheinung wie der Farbenschiller der Sapphirinen auch älteren Beobachtern nicht verborgen blieb. Aber genauer ist ihren morphologischen Grundlagen erst 1858 C. Gegenbaur[1]) nachgegangen.

Er beschreibt — anscheinend für den ganzen Körper — unter dem glashell durchsichtigen Chitinpanzer eine Schicht platter polygonaler Zellen, die Matrix der Chitinhülle, deren Elemente sich unschwer isolieren und gruppenweise von der Chitinlage ablösen lassen, woraus der Autor auf das Vorhandensein besonderer Zellwandungen schließt. Auch beim Weibchen findet Gegenbaur die gleichen 0,03—0,06‴ im Durchmesser haltenden Zellen.

1) Mitteilungen über die Organisation von *Phyllosoma* und *Sapphirina* Müllers Arch., 1858, S. 43.

Der trübe, krümliche, fein molekuläre Inhalt der Zellen erscheint beim toten Tier mehr nach der Mitte zusammengeballt und verbirgt oft vollständig den runden hellen Kern. In den hinteren Körpersegmenten finden sich zwei bis drei Querreihen dieser Zellen, in denen Teilungen nicht selten sind. Während beim Weibchen der Zellinhalt während des Lebens durchaus hell ist, bietet das Männchen unter dem Mikroskop bei auffallendem und durchfallendem Licht Farben dar, im ersten Falle funkelnden Farbenglanz, im zweiten dazu noch ein „dioptrisches" Farbenspiel. In Durchsicht grenzt sich oft eine Zelle von der benachbarten mit größter Schärfe durch Farbe oder Metallschimmer ab, erscheint gelb, rot oder blau, von einer Farbe in die andere übergehend, aber ohne grün, violett, orange. Bei dem „katoptrischen" Phänomen (auffallendem Licht) kommen grün und violett vor, blau aber spielt die erste Rolle. Am lebenden Tier vollziehen sich Änderungen der Farbe, indem etwa in einer Ecke der Zelle das Blau erblasst, fast grau wird, dann ein roter Saum auftritt, der sich über die Zelle ausdehnt in dem Maße als das Blau weicht, sodaß alsbald die ganze Zelle rot[1]) erscheint. Die Farbe einer Zelle ist unabhängig von den benachbarten; doch kann auch die eben beschriebene Erscheinung auf angrenzende Elemente übergehen. Zuweilen tritt in einer Zelle ein farbloser Fleck auf, der im auffallenden Licht in vollem Metallglanz erscheint. Der Wechsel der Erscheinung vollzieht sich oft in einer Sekunde drei Mal. Mit dem Tode des Tierchens verschwindet der Farbenglanz und bei seinem Erlöschen ist zu beobachten, „daß der Sitz des Leuchtens und der Farbe in den Körnchen ist, nicht in dem übrigen Inhalt der Zelle" (p. 68 a. a. O). Gegenbaur erklärt die Erscheinungen aus „reflectorischen Lichterscheinungen, die durch eine eigentümliche Fähigkeit jener Zellschichte modifiziert erscheinen".

C. Claus[2]) spricht den polygonalen „Platten" (s. u.) der Glanzschicht eine feinkörnige Substanz zu, die von einer Anzahl zarter Stäbchen durchbrochen wird, welche in schräger Richtung dorsoventral verlaufen. Er bemängelt[3]) an Gegenbaurs Angaben: 1. die Auffassung der polygonalen Platten als Zellen. Da sie bei *Sapphirina auronitens* etwa 0,08 mm, bei *S. fulgens* 0,1 mm im Durchmesser aufweisen, könnten sie mit den kleinen Cuticulazellen anderer Copepoden nicht verglichen werden; sie seien insbesondere nicht mit einer festen Membran umgeben, sondern sehr feinzackig um-

1) Hier steht im Original p. 67, offensichtlich irrtümlich, „blau".

2) Untersuchungen über die Organisation und Verwandtschaft der Copepoden, Würzburg 1862.

3) Die freilebenden Copepoden, Leipzig 1863.

rissen, Platten einer feinkörnigen Substanz, suturenartig begrenzt und häufig äußerst dicht und zart wie gewisse Lepidopterenschuppen gestreift. Kerne habe er niemals deutlich und regelmäßig beobachtet; auch daher könnten die Platten keine Zellen sein. Vielmehr entsprächen sie ganzen Komplexen von verschmolzenen und veränderten Zellen der Matrix. 2. findet Claus die Platten nur auf der Dorsalseite; 3. konnte er sie im weiblichen Geschlecht nicht feststellen; 4. erlöschen die Farben keineswegs mit dem Tode des Tieres, der nur ihren wunderbaren Wechsel aufhebt; denn der Autor fand die Farben an Formen, die einige Jahre in Glyzerinlösung aufbewahrt wurden, prachtvoll erhalten. Auch bei *Sapphirinella* (= *Copilia*), die bei auffallendem Lichte einen schwach violetten, bei durchfallendem einen schwach gelblichen Schimmer darbietet, fand Claus die polygonalen feinstreifigen Felder. Die Farben der Sapphirinen sind Interferenzerscheinungen, die ihren Sitz in dem feinkörnigen, zuweilen wie von Sprüngen und Rissen zerspaltenen Gefüge der Tafeln haben. Die merkwürdigen Farbänderungen während des Lebens scheinen von Stoffwechselvorgängen abhängig zu sein.

E. Haeckel[1]) stimmt in der Auffassung der Platten Claus zu und hebt hervor, daß bei den Männchen von *Sapphirina darwinii* und *S. edwardsii* die großen Platten unter gewissen Umständen sehr leicht in eine große Anzahl kleiner polygonaler, unregelmäßiger geformter, mehr abgerundeter, übrigens auch suturenartig begrenzter Plättchen von 0,01—0,02 mm zerfallen, die nichts anderes als veränderte Epithelzellen seien, deren jede einen kleinen rudimentären Kern in der Mitte aufweise. Bei den genannten *Sapphirina*arten konnte Haeckel an den Platten beobachten, „daß die ‚feinstreifige' oder ‚feinkörnige' Skulptur der Oberfläche vollständig derjenigen der Kieselschale von *Pleurosigma angulatum*, *Pleurosigma hippocampus* und anderen als Probeobjekte bekannten Diatomeen entspricht. Es finden sich drei nach verschiedenen Richtungen laufende Systeme von feinen, sehr dicht stehenden parallelen Leisten vor, die sich unter Winkeln von 60°[2]), resp. 120°, gegenseitig in der Weise schneiden, daß regelmäßige sechseckige Vertiefungen zwischen ihnen bleiben." Der Autor beschreibt die an die genannten Diatomeen erinnernden Erscheinungen dieser Struktur bei gerader und schiefer Beleuchtung, bei Heben (Höckerchen) und Senken des Tubus (Sechsecke der Felderung). Er bemerkt weiter, daß bei anderen Sapphirinen die Leisten feiner und weniger

1) Beiträge zur Kenntnis der Corycaeiden, Jenaische Zeitschr. Bd. I, 1864, S. 61.

2) Hier steht im Original offensichtlich irrtümlich „80°".

regelmäßig sein können, z. B. bei *Sapphirina clausi* an den Verlauf der Cutisleisten in der menschlichen Hand erinnern. Doch soll in allen Fällen das Farbenspiel eine durch sich kreuzende Liniensysteme hervorgebrachte Interferenzerscheinung sein. Auch bei *Hyalophyllum* (= *Copilia*) findet Haeckel die regelmäßige polygonale Täfelung, und zwar in den hinteren Abdominalsegmenten zwei bis drei, in den vorderen und ebenso in allen Thorakalsegmenten drei bis fünf, meist vier Querreihen der Platten hintereinander. Die Platten sind noch dünner und feiner als bei den Sapphirinen und entweder garnicht oder sehr schwach gestreift, daher dann auch der Farbenglanz dieser Gattung fehle (s. aber oben Claus und unten Giesbrecht). Der Durchmesser der Platten beträgt bei *Hyalophyllum* (=*Copilia*) 0,15—0,2 mm, bei den meisten Sapphirinen dagegen nur 0,07—0,15 mm.

H. Ambronn[1]) stellte zunächst an gut konservierten Präparaten von *Sapphirina* fest, daß die Farben sich von lebhaftem Blau durch Indigo, Violett, Rot, Orange in Gelb ändern, wenn man den Einfallswinkel des Lichtes allmählich variiert; ferner beobachtete er, daß die Farben im auffallenden Licht stets komplementär zu denen im durchfallenden Licht waren, daß beispielsweise blau leuchtende Stellen im durchfallenden Licht gelb, rote dagegen grünlich erscheinen. Diese Verhältnisse sprächen dafür, daß man es mit Interferenzfarben zu tun habe und zwar mit solchen, wie sie an sehr dünnen Schichten auftreten. Da nun Ambronn weiter fand, daß die langsame Einwirkung von Alkohol, Essigsäure, Süßwasser das Farbenspiel zum Verschwinden bringt, die Glanzschicht hierbei aber mit allen Struktureinzelheiten erhalten bleibt, so schloß er, daß diese Schicht selbst wohl kaum an der Entstehung der Farben beteiligt sei. Weiter machte dieser Autor die bemerkenswerte Entdeckung, daß die Glanzschicht aus regelmäßig geordneten hexagonalen Prismen (Stäbchen) besteht, die sich von einander isolieren lassen und sich optisch wie negativ einachsige Kristalle verhalten, ja vielleicht echte Kristalle sind, wobei die optische Achse normal zur Oberfläche der Schicht steht. Bei *Sapphirina fulgens* bestimmte er den Querdurchmesser der Kristalle zu 0,8—1 μ, der Längsdurchmesser parallel der optischen Achse betrug 1,3 μ; bei einer *Sapphirina pachygaster* verwandten Form war der Querdurchmesser der Prismen etwas über 1 μ, der Längsdurchmesser gegen 1,5—2 μ. Auch diese Dimensionen schließen aus, dass die Farben, die den ersten Ordnungen der Newtonschen

1) Über den Glanz der Sapphirinen, Mitt. Zool. Station Neapel, IX, 1890, S 478.

Skala angehören, durch die Glanzschicht hervorgerufen werden; die erzeugende Schicht müsste viel dünner sein. So neigt Ambronn zur Annahme, zwischen Chitinhülle und Prismenschicht sei eine morphologisch nicht näher zu charakterisierende Schicht vorhanden, die als das wirksame dünne Blättchen anzusehen wäre, während die Glanzschicht durch starke Reflexion die Intensität der Farben erhöhe. Wenn die Farbe nur unter ganz bestimmten Vorsichtsmaßregeln in den Präparaten erhalten bliebe, so könne dieser Umstand einzig darin seine Erklärung finden, daß schon bei sehr geringer Veränderung der Dicke jenes dünnen Blättchens durch Quellung u. dgl. auch das Farbenspiel sofort verschwinden müsse. Daß die Farben nicht etwa Spektralfarben eines Gitters sind, beweist schon das Schwinden der Farben bei vollkommener Erhaltung jener Schicht.

W. Giesbrecht[1]) weist zunächst darauf hin, dass bei keiner *Sapphirina*art von Neapel das Analsegment und bei den meisten (ausgenommen *Sapphirina opalina* und auch *pyrosomatis*) auch die Furka nicht irisiert, bei *S. darwinii* aber die Furka allein. Die *Pyrommaa*rten (Formen mit gelbem, rotem, blauem Augenpigment) haben meist zartere Farben als die *Cyanomma*arten (Formen mit violettem, blauem, blauschwarzem Augenpigment). Bei manchen Arten scheinen einzelne Männchen vorzukommen, die trotz völliger Geschlechtsreife nicht irisieren (so beobachtet bei einem lebenden Männchen von *Sapphirina pyrosomatis*). Ganz frische und unverletzte Männchen der *Pyrommaa*rten erscheinen bei Durchsicht senkrecht zur Dorsalfläche farblos Dreht man aber das Tier um seine Längsachse, so treten sofort überall zarte Farben auf, rot, violett, blau, gelb, die in einander übergehen und wieder verschwinden, sobald man soweit gedreht hat, dass man senkrecht auf die laterale Kante des Tieres schaut. Ähnliche Farben zeigen Tiere, welche anfangen matt zu werden, auch dann, wenn die Sehrichtung senkrecht auf ihre Dorsalfläche fällt, und während sie langsam absterben, verlieren sich die bunten Farben allmählich und machen einem zuerst lichteren, dann dunkleren Gelb Platz, welches erst mit dem Tode und der beginnenden Zersetzung verschwindet. Bei auffallendem Licht und auf dunklem Grunde, also unter den Bedingungen, unter welchen man die Tiere bei ruhigem Wetter im Meere beobachten kann, glänzen sie wie polierte Kupfer- oder Goldplättchen; der Glanz zeigt dabei Übergänge zwischen einem feurigen Rot und einem schimmernden Blau. Sein

1) Systematik und Faunistik der pelagischen Copepoden des Golfes von Neapel, in: Fauna und Flora des Golfes von Neapel, XIX. Monographie, Berlin 1892.

Intermittieren ist abhängig von der Stellung des Tieres zur Lichtquelle: dreht man es mit der Stirn gegen dieselbe, so hört er auf und er erreicht seine größte Intensität, wenn das Licht vom Furkalende her auf das Tier fällt. Die Farbe des Glanzes variiert zwar auch, so lange das Tier frisch ist, wenn man es schräg zur Sehrichtung stellt, oder wenn es den Hinterkörper gegen den Vorderkörper bewegt. Liegt es aber flach und senkrecht zur Sehrichtung, so kann man eine Änderung der Farbe des Glanzes während des allmählichen Absterbens wahrnehmen, welche der oben für das durchfallende Licht beschriebenen entspricht: zuerst ist der Glanz ausschliesslich rot mit etwas gelb, dann geht er in grün und blau über; das Vorherrschen des Blau ist ein Zeichen beginnenden Absterbens. Während des Absterbens bleibt die Farbe erhalten, aber es verschwindet nach und nach die Felderung (die bei durchfallendem, hier und da auch im reflektierten Licht sichtbar ist) und der Glanz verteilt sich mehr und mehr auf die ganze Fläche des Tieres, wobei man den Eindruck gewinnt, als ob die glänzende Schicht sich zerknittere. Im Gegensatz zu den meist sehr vergänglichen Pigmenten der Copepoden läßt sich der Farbenschiller mit Osmiumsäure, Goldchlorid, Sublimat fixieren, freilich nicht auf dem Zustande, welchen er bei ganz frischen Tieren aufweist. Matte Tiere, welche bereits blaues Licht reflektieren, und bei durchfallenden bereits ziemlich stark gelb aussehen, büßen in den genannten Reagenzien sogleich die Farben ein; frische Tiere aber werden durch sie in diejenige Phase versetzt und darin erhalten, in welchem sie bei auffallendem Licht in blaugrünem, noch stark mit Gelb versetzten Glanze spielen und bei durchfallendem rote, violette und blaue Farben aber schon auf stark gelbem Grunde zeigen. — Die *Copilia*-männchen zeigen absterbend einen leichten bläulichen Schimmer, einen schwachen Abglanz des Irisierens der Sapphirinen.

2. Das Untersuchungsmaterial.

Meine Untersuchungen erstrecken sich hauptsächlich auf *Sapphirina ovatolanceolata* Dana, daneben auf *S. darwinii* Haeckel, von denen ich die erste an der Zoologischen Station Neapel, die zweite im R. istituto centrale di biologia marina zu Messina (März und April 1925) erhielt. Betreffs des Farbenschillers am lebenden Tier verweise ich für die erste Form auf Giesbrechts oben wiedergegebene Beschreibung. Zu den Angaben dieses Forschers für *Sapphirina darwinii* (= *aureofurca* Giesbrecht) muß ich dagegen zunächst bemerken, daß freilich die Furka meiner Exemplare

in prächtiger Weise schillerte, aber auch der Körper, allerdings längst nicht so schön. Auch Haeckel (a. a. O.) erwähnt von *Sapphirina darwinii* dunklen Metallglanz und Vorherrschen einer gesättigt violetten Farbe. Bestätigt finde ich auch Haeckels Angabe von der besonderen Grobheit der Struktur der Glanzschicht, die im Gegensatz steht zu Giesbrechts Bericht, daß er bei keinem der ihm vorliegenden Männchen von *Sapphirina aureofurca* weder das Irisieren noch die eigentümliche Struktur der Glanzschicht (vgl. S. 230) auffinden konnte. Ob die Unstimmigkeiten auf die Konservierung des Materials zurückzuführen sind (s. u.), bleibe dahingestellt; immerhin mußten sie, da Haeckels und Giesbrechts Angaben auch noch in einigen anderen Punkten auseinandergehen, hier erwähnt werden, ohne daß ich aber damit die Frage anschneiden will, ob die Identifikation von *Sapphirina darwinii* Haeckel und *S. aureofurca* Giesbrecht gemäß dem letzten Forscher zu Recht besteht oder nicht. Der Schiller lebender Copilien, welche ich auch in Messina erbeutete, ist, wie Haeckel und Giesbrecht angeben, ein bläulicher Schimmer oder auch gar nicht zu beobachten.

Die Fixierung der Tiere geschah in starkem Alkohol, Sublimat oder Formol. Für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung war die Behandlung mit Sublimat weitaus am vorteilhaftesten, indem (bei *Sapphirina ovatolanceolata*) die Schillerfarben prächtig, freilich nicht ganz in der ursprünglichen Nuance und auch nicht bei jedem so bearbeiteten Exemplar erhalten blieben und nach Überführung in Alkohol keine merkliche Änderung mehr zeigten (bis heute — Oktober 1925 — unveränderter Zustand). Die sogleich in Alkohol fixierten Exemplare von *Sapphirina ovatolanceolata* dagegen zeigten den Farbenschiller viel schlechter und büßten ihn, wenn sie nicht alsbald in Balsam übergeführt wurden, in kurzer Zeit ganz ein; dagegen blieben die Struktur und Doppelbrechung der Glanzschicht viel länger erhalten, schwanden aber schließlich auch. Bei *Sapphirina darwinii* zeigen Alkoholtiere den Glanz der Furka bis heute;

auch in Formol fixierte Stücke von *S. darwinii* bewahrten bis heute den Schiller der Furka; der Schiller am übrigen Körper dagegen erlosch oder wurde nur ganz schwach; die Struktur und Doppelbrechung waren nach einiger Zeit weder an den mit Alkohol noch mit Formol behandelten *S. darwinii* kenntlich (ausgenommen einige gleich bei meiner Rückkehr nach Bonn in Balsam überführte Tiere). Bei *Copilia*-Exemplaren, die in Formol oder Alkohol aufgehoben waren, konnte ich weder Struktur noch Doppelbrechung erkennen; diese Form schaltete ich daher ganz aus der Untersuchung aus. Die vorstehenden Angaben, die zunächst einer Erklärung zu spotten scheinen, können erst später im einzelnen besprochen werden, ebenso wie die eigentümliche Tatsache, daß eine in Osmiumsäure fixierte, dann in Glyzerin eingeschlossene *Sapphirina ovato-lanceolata* zwar schwach den Glanz, nicht aber die Doppelbrechung erhalten zeigte.

Hier mögen aus dem Ganzen nur die Folgerungen gezogen werden, daß es empfehlenswert ist, die Tiere in Sublimat zu fixieren, wenn man sie längere Zeit in Alkohol mit erhaltenem Farbenschiller aufheben will, daß ferner in Alkohol fixierte Tiere am besten gleich weiter verarbeitet werden, und daß schließlich Fixieren und Aufheben in Formol am wenigsten für unser Vorhaben in Frage kommen. Bei Balsampräparaten bleibt der Schiller, wenn er überhaupt vorhanden war, dauernd unverändert.

3. Der Bau des Glanzepithels.

Betrachtet man eine lebende oder mit guter Erhaltung der Glanzschicht konservierte und ungefärbt in Balsam eingeschlossene *Sapphirina* bei mittlerer Vergrößerung am besten im durchfallendem Licht oder Dunkelfeld (s. u.), so gewahrt man leicht die polygonalen Platten der Autoren und ihre Unterteilung in die Felder (vgl. Abb. 6).

Die Platten werden von geraden oder leicht geschwungenen Konturen äußerst feinzackig umrissen, sind meist regelmäßig (sechseckig, fünfeckig, viereckig), an gewissen Stellen aber auch abweichend, symmetrisch oder asymmetrisch, ge-

formt und schließen im allgemeinen dicht zusammen. Ihre Größe wechselt nicht unbedeutend (vgl. Abb. 6–8); aber im allgemeinen kann man doch etwa 140μ als mittleren Durchmesser der regelmäßig polygonal geformten Platten angeben. Nicht selten sind einzelne Platten an den Dauerpräparaten etwas gelockert und haben sich mit ihren Rändern ein wenig übereinander geschoben.

Eine entsprechende Verlagerung kann man an den Feldern nie beobachten; ihre Grenzen ähneln durch feinzackige Beschaffenheit denen der Platten, sind aber viel zarter ausgeprägt als diese. Die Größe der Feldchen ist sehr verschieden (vgl. Abb. 3): neben solchen, die nur einen kleinen Teil einer Platte einnehmen, finden sich andere, die fast durch eine ganze Platte hindurch sich erstrecken. Nicht minder wechselvoll ist ihre Form; oft dringen benachbarte mit lappigen Fortsätzen ineinander ein, wobei ein Feldchen in zwei nur durch ein schmales Verbindungsstück zusammenhängende Teile zerlegt werden kann. Das Ganze einer Platte erinnert durch die Felderung an die Ländergrenzen auf einer geographischen Karte. Es sei noch bemerkt, daß irgend eine Beziehung zwischen den Feldchen benachbarter Platten nicht besteht.

Nun erhebt sich die Frage nach dem morphologischen Wert der Platten und Felder, insbesondere, ob diese oder jene die Zellen der Hypodermis darstellen; denn daran, daß die charakteristisch strukturierte Lamelle das Körperepithel darstellt, kann schon gemäß ihrer Lage unter der Cuticula und dem Fehlen irgend einer anderen noch darunter folgenden, geschlossenen, epithelialen Zellage nicht gezweifelt werden.

Die bereits erwähnten Tatsachen, daß nämlich die Platten gradlinig konturiert, von annähernd gleicher Größe und einer Form sind, die bei einschichtigen Epithelien weit verbreitet ist, daß sie ferner sich leicht isolieren lassen, während andererseits die Felder von sehr wechselnder Form und Größe und nicht trennbar sind, spricht bereits zugunsten der Zellnatur der Platten. Entscheidend aber wirkt, daß jeder

Platte ein Zellkern zugeordnet ist (Abb. 1). Man kann sich hiervon einwandfrei an Totalpräparaten überzeugen, die mit verdünntem Hämalaun gefärbt wurden und zugleich die Struktur der Glanzschicht noch erhalten zeigen; um das letzte zu erreichen, muß man zu langes Verweilen in der Farbe und Differenzieren der Färbung mit Salzsäurealkohol vermeiden (s. S. 262). Die Kerne sind am leichtesten in den Seitenteilen der Abdominalsegmente zu sehen (Abb. 1), lassen sich aber auch an allen anderen Stellen, wo Glanzschicht vorliegt, wahrnehmen. Sie halten stets die Mitte der Zellen ein und spiegeln so ihre Anordnung wieder (vgl. Abb. 1). In Flächenansicht schimmern die Kerne bei Einstellung auf die Struktur der Zellen hindurch, liegen also unter der charakteristischen Glanzschicht. Die Kerne sind kreisrund, verhältnismäßig klein (Durchmesser etwa 15 µ) und besitzen einen stark färbbaren, kugeligen, leicht exzentrisch gelegenen Nukleolus, der eine oder mehrere Vakuolen umschließt, ferner fein zerteiltes, nur schwach tingierbares, undeutlich netzig angeordnetes Chromatin (Abb. 2). Querschnitte zeigen, daß sie stark abgeplattet, also kreisscheibenförmig sind. Die gesamte Gestaltung der Zellkerne ist so charakteristisch, daß eine Verwechslung mit anderen, darunter gelegenen Geweben zugehörigen, nicht möglich ist. Daher kann man sie, wenn man sie einmal kennen gelernt hat, auch in solchen Präparaten wiederfinden, bei denen die

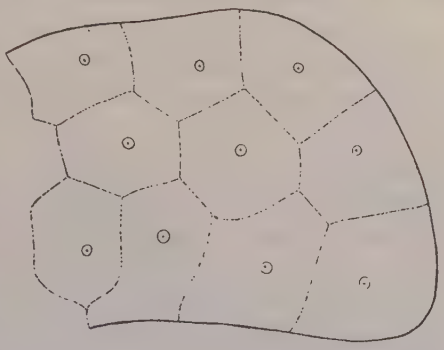


Abb. 1.
Rechte Seite des 1. Abdominalsegmentes von *Sapphirina ovatolanceolata:* Glanzzellen mit ihren Kernen. (Nach einem in Sublimat fixierten mit Hämalaun gefärbten Totalpräparat.) Vergr. 160 : 1.

Abb. 2.
Kern einer Glanzzelle.
Vergr. 1500 : 1.

typische Struktur des Glanzepithels zerstört ist. Wenn wir somit Gegenbaurs Anschauung (s. S. 229) gegenüber den später geäußerten Meinungen von Claus (s. S. 230) und Haeckel (s. S. 230) wieder in ihr Recht einsetzen, so können wir die einzelnen Platten als Glanzzellen, ihre Gesamtheit als Glanzepithel bezeichnen.

Was ist nun die Bedeutung der Felder der Glanzzellen? Ihr Auftreten hängt mit der charakteristischen Struktur des Glanzepithels zusammen. Unter starken Objektiven bietet es, wie Haeckel bereits bemerkt, ein an die Schale von *Pleurosigma angulatum* erinnerndes Bild dar: drei sehr regelmäßig unter 60° sich schneidende Liniensysteme, welche zierliche Sechseckchen formieren. Wie bei der Schale von *Pleurosigma*, so wechselt auch bei dieser Glanzschicht, wie wir diese charakteristische Struktur der Glanzzellen nennen wollen, das Bild mit der Art der Fokussierung erheblich und mehrfach; am markantesten ist bei hoher Einstellung die Erscheinung regelmäßig geordneter heller Punkte mit dunkler Umrahmung, bei tiefer aber dunkler Sechsecke mit hellen Rahmen.

Die drei unter 60° sich schneidenden Scharen paralleler Linien verlaufen nun aber keineswegs innerhalb einer Glanzzelle oder gar im ganzen Glanzepithel in denselben Richtungen. Vielmehr finden sich in einer jeden Glanzzelle eine Anzahl von Bezirken mit verschiedener Orientierung des Liniensystems, gleich als ob die Zelle aus verschieden orientierten Bruchstücken einer *Pleurosigma*schale mosaikartig zusammengefügt wäre. Die so gebildeten, sich gegeneinander abgrenzenden Anteile einer Glanzzelle sind die „Felder" der Autoren, die Glanzfelder heißen mögen. In Abb. 3 wurden die Umrisse einer Glanzzelle und ihrer Felder getreu wiedergegeben, im obersten Feld die Pleurosigmastruktur eingetragen, in den übrigen Feldern aber nur die Verlaufsrichtungen der Liniensysteme angedeutet. Man erkennt klar, wie diese Systeme bei benachbarten Feldern um mehr oder minder große Winkelbeträge in der Ebene der Zelle gedreht sind.

Wie bei der Schale von *Pleurosigma* ist die Sichtbarkeit einzelner Linienrichtungen von dem Azimut der Beleuch-

tung abhängig, indem jeweils diejenigen deutlich werden, welche senkrecht zum Azimut (zur Schiefe) der Beleuchtung verlaufen. Die Felder mit gleichem Linienverlauf werden also bei einer gegebenen Beleuchtung gleichzeitig gut sichtbar sein. Diese Erscheinung tritt bei Betrachtung insbesondere von *Sapphirina darwinii* im Dunkelfeld unter schwachen Vergrößerungen („Kleiner Planktonkondensor" von Zeiss) auffallend hervor, indem gewisse Felder hell aufleuchten, andere dunkel bleiben, oder die Farbe der einzelnen verschieden ist, sodaß die Glanzschicht, unter Zurücktreten der Zellgrenzen, eigentümlich scheckig gemustert erscheint.

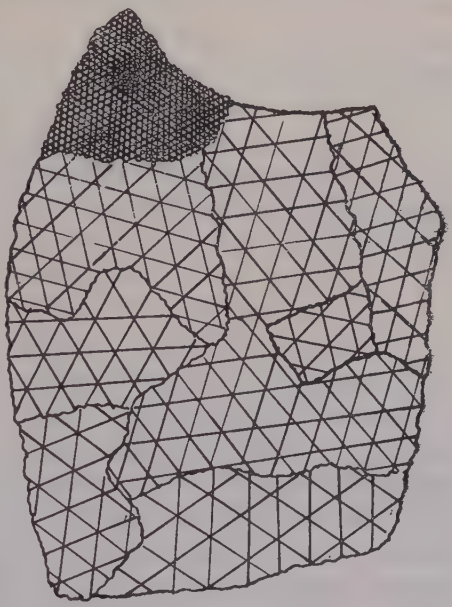


Abb. 3.
Glanzzelle von *Sapphirina ovatolanceolata* mit den Glanzfeldern. Vergr. 530 : 1.

Die scharfzackigen Grenzen der Felder und ebenso der Glanzzellen selbst sind durch die Zusammensetzung der Glanzschicht aus den kleinen von Ambronn (s. S. 231) entdeckten sechseckigen Teilchen bedingt, die wir als Glanzplättchen (s. u.) bezeichnen wollen. Die Felder(-und Zell)grenzen folgen nämlich in ihrem feineren Verlauf denen der Sechseckchen. Wo also die Glanzplättchen an den Grenzen, gemäß der verschiedenen Orientierung der Felder, um mehr oder minder große Beträge gegeneinander gedreht, sich berühren, da müssen kleinste Lücken übrig bleiben. Wegen der erheblich höheren Lichtbrechung der Glanzplättchen gegenüber ihrer Umgebung (dem Protoplasma, s. u.) erscheinen diese Lücken an den Grenzen

der Felder bei hoher Einstellung als dunkle, bei tiefer als helle Punkte. Ähnlich verhalten sich die Zellgrenzen; nur sind hier die Lücken erheblich breiter, was mit der Differenzierung der Zellränder gegeneinander zusammenhängt, ohne daß man freilich, wie Gegenbaur (s. S. 228) von Zell-„wandungen" reden darf. Diese Unterschiede in der Breite der Zell- und Feldergrenzen bedingen es, daß diese beiderlei Konturen im Hellfeld bei stärkeren, oder im Dunkelfeld (vgl. Abb. 6) schon bei schwächeren Vergrößerungen wohl auseinander gehalten werden können, wozu freilich auch die verschiedene Art ihres Verlaufes beiträgt.

Die Anordnung der Glanzplättchen erscheint bei mittleren Vergrößerungen außerordentlich gleichmäßig; nimmt man aber die stärksten zu Hilfe, so begegnet man doch kleinen Unregelmäßigkeiten wie Auskeilen einzelner Plättchenreihen; auch kann man gelegentlich feststellen, daß an der Grenze zweier Felder, wo eine Reihe gleichsam schräg abgeschnitten wird, die Plättchen fortschreitend kleiner werden.

Abgesehen von kleinen zwickelartigen Lücken, die hier und da zwischen den Zellen auftreten, und gelegentlich vorkommenden, öfter tief in die Zellen hineinreichenden Einschnitten (vgl. z. B. Abb. 8) ist die Glanzschicht vollkommen geschlossen; insbesondere wird sie von den tiefer gelegenen Kernen der Glanzzellen (s. S. 246) nicht durchbrochen, anscheinend auch nicht von den an die Hypodermis ansetzenden Muskeln, deren intraepitheliale Fortsetzung also wohl kaum bis zum Chitin reichen dürfte. Nach den eben genannten Lücken hin sieht man die Glanzplättchen öfter kleiner werden und wohl auch ihre Anordnung unregelmäßiger werden. Daraus darf man wohl schließen, daß die Lücken nicht durch Unterbrechungen der Zellage entstehen, sondern daß hier innerhalb der Zellen die Ausbildung der Glanzplättchen unterblieb.

Ambronn (s. S. 231) hat die isolierbaren Teilchen, welche die Glanzschicht zusammensetzen, als „Stäbchen" oder „Prismen" angesprochen. Dem kann ich nicht beistimmen. Freilich glaubt man nicht selten, wenn man auf den abschüssigen Seitenrand einer *Sapphirina* einstellt und so den op-

tischen Querschnitt der Glanzschicht zu gewinnen sucht, daß diese Lamelle in Kantenansicht aus nebeneinander gestellten Stäbchen zusammengefügt ist; indessen hat mir eine genauere Prüfung dieser Erscheinung gezeigt, daß es sich dabei um eine Projektion der senkrecht auf den Rand zulaufenden Sechseckreihen handelt. Wenn man aber Mikrotomschnitte senkrecht zur Glanzschicht herstellt (die allerdings noch bei 5 μ Dicke infolge der großen Feinheit der Lamelle (s. u.) als grob bezeichnet werden müssen) und bei genauer Einstellung auf die obere Kante der vertikal dem Objektträger aufruhenden Lamelle ihre Dicke mit dem Durchmesser der Sechseckchen an umgekippten Partien derselben Lamelle vergleicht, so lehrt schon das Größenverhältnis beider, daß die Teilchen plattig gestaltet sein müssen; und an besonders günstigen Stellen der Schnitte (Abb. 4) kann man bei Einstellung auf

Abb. 4.
Querschnitt durch Cuticula und Glanzschicht von *Sapphirina ovatolanceolata* ungefärbt. Vergr. 1400 : 1.

ihre Oberkante (vor allem wenn man die Teilchen durch Orientierung der Lamelle parallel der Schwingungsrichtung eines eingeschalteten Polarisators mit ihrem höchsten Brechungsindex wirken läßt, s. S. 260), sicher erkennen, daß es sich um dicht aneinander gereihte Plättchen handelt. Übrigens habe ich die gleiche Beobachtung auch hier und da, insbesondere an der gröber strukturierten Glanzschicht von *Sapphirinia darwinii* am optischen Schnitt des Totalpräparates machen können.

Für plattige Gestalt der Teilchen spricht auch ihre Isolation, welche am frischen Material leicht gelingt, am konservierten so erreicht werden kann, daß Fetzen der in Xylol überführten Glanzschicht in einem kleinen Tropfen Balsam auf dem Objektträger zerzupft werden, dann das aufgelegte Deckglas unter starkem Anpressen mit dem Finger über den Objektträger mahlend hin und her bewegt wird. In solchen Präparaten begegnet man häufig anscheinend stäbchenförmigen

Teilchen; prüft man diese „Stäbchen" aber zwischen gekreuzten Nikols mit der Gipsplatte, so erweisen sie sich als positiv inbezug auf die Länge; da nun aber, wie Ambronn festgestellt (s. S. 231) und noch näher zu erörtern sein wird (s. S. 258), die Sechseckchen negativ in bezug auf ihre Flächennormale sind, so folgt, daß die scheinbaren Stäbchen Kantenansichten von Plättchen darstellen.

Übrigens tritt an den isolierten Glanzplättchen die sechseckige Begrenzung, die in ihrer geschlossenen Schicht so auffällig wirkt, kaum noch hervor. Daher möchte ich glauben, daß diese Formeigenschaft der Plättchen durch ihre gesetzmäßige Anordnung übertrieben ausgeprägt wird, d. h. die Plättchen in Wirklichkeit nicht so gradlinig und scharfkantig, sondern mehr rundlich begrenzt sind. Da hier ein ungefärbtes Objekt mit periodischer Struktur vorliegt, für das E. Abbes Theorie der Bilderzeugung im Mikoskop streng gilt[1]), so lassen sich für *Sapphirina* ähnliche Erwägungen anstellen, wie sie dieser Forscher[2]) für das *Pleurosigma*bild ausgesprochen hat, daß nämlich eine Sechseckzeichnung von jeder beliebigen Struktur herrühren kann, welche optisch heterogene Elemente in irgend einer Art nach einem System gleichseitiger Dreiecke geordnet enthält, wie das für unser Objekt offenbar ist. Freilich liegen bei *Sapphirina* die Dinge insofern günstiger als bei *Pleurosigma*, daß nicht nur das Beugungsspektrum IO, welches die erste Andeutung von Struktur im Bild bedingt, sondern, mit Objekten höchster Apertur, auch dasjenige IIO aufgenommen wird, was die Treue der Abbildung steigert. Da aber nicht der volle Beugungsfächer zur Wirkung kommt, so herrscht keine vollkommene Ähnlichkeit zwischen mikroskopischem Bild und Objekt, und so scheint mir der vorstehende Hinweis die auf-

1) Über die begrenzte Gültigkeit dieser Theorie vgl. M. Berek, Betrachtungen zur Darstellung des Abbildungsvorganges im Mikroskop und zur Frage des Auflösungsvermögens im Hellfeld und Dunkelfeld, Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie Bd. 41, 1924. S. 1.

2) Ges. Abh.; Bd. 1, Jena 1904, vgl. S. 85.

fällige Formverschiedenheit geschlossen liegender und isolierter Glanzplättchen zu klären.

Auch in bezug auf die Maße der Glanzplättchen komme ich wenigstens betreffs der Dicke zu anderen Ergebnissen wie Ambronn. Während er die Länge seiner Stäbchen, d. h. die Dicke der Glanzschicht, je nach den untersuchten Arten (anscheinend nach Messungen am optischen Schnitt) zu 1,3 bis 2 μ angibt, finde ich die Stärke dieser Schicht an Mikrotomschnitten von *Sapphirina ovatolanceolata* fast unmessbar: sie erscheint bei stärksten Objektiven etwa so dick wie ein Strich der Okularmikrometerteilung, beträgt schätzungsweise 0,3 μ. Der Flächendurchmesser der Plättchen ist nicht an allen Stellen der Rückenseite derselbe, nimmt z. B. bei *Sapphirina darwinii* in den letzten Segmenten ganz beträchtlich ab; auch die verschiedenen Arten weisen, was den früheren Autoren bereits aufgefallen (s. S. 231), erhebliche Unterschiede der Plättchengröße dar. Bei *Sapphirina darwinii* finde ich, daß eine geradlinige Reihe von 20 (großen) Plättchen 30 μ lang ist; damit würde auf 1 Plättchen $\frac{3}{2}$ μ = 1,5 μ entfallen. Der so gefundene Wert ist aber ein Maximum, weil die zwischen den Plättchen befindlichen (auch deutlich am Querschnitt in polarisiertem Licht wahrnehmbaren) Lücken nicht berücksichtigt wurden; setzt man ihren Anteil schätzungsweise zu einem Drittel der gemessenen Länge ein, so verbleibt für den Durchmesser des einzelnen Glanzplättchens 1 μ. Ähnliche Messung und Verwertung der gefundenen Zahlen führt bei *Sapphirina ovatolanceolata* zu etwa 0,6 μ.

Mittelwerte für die Größe der Glanzplättchen kann man auch sehr gut aus der Beobachtung des von der Glanzschicht entworfenen Beugungsbildes der Lichtquelle gewinnen, das sich nach Herausheben des Okulars bei eng zugeschnürter Kondensor-Irisblende in der hinteren Brennebene des Objektivs aufs prächtigste darbietet. Schon hier mag hervorgehoben werden, daß die Glanzplättchen einen sehr hohen Brechungsindex besitzen müssen, weil man diese Erscheinung an Balsampräparaten beobachten kann (bei denen allein ich sie prüfte); bei Diatomen sieht man sie (im Hellfeld) bekanntlich

nur leicht, wenn die Schalen in Luft liegen, während sie bei in Balsam eingebetteten so schwach wird, daß sie nur bei starken Lichtquellen (Liliputbogenlampe) gut wahrgenommen werden kann.

Gemäß den drei sich unter 60° kreuzenden Liniensystemen der Glanzschicht erscheinen — wie bei *Pleurosigma* — bei zentraler Beleuchtung sechs Beugungsbilder (IO), die in gleichen Abständen vom zentralen Blendenbild und von einander, d. h. auf einem Kreise, liegen, wobei die blauen Enden der Spektren nach innen, die roten nach aussen weisen. In dieser Form kommt das Beugungsbild aber nur zur Beobachtung, wenn dafür Sorge getragen wird, daß nur ein Feld einer Glanzzelle zur Wirkung gelangt, sei es, daß man ein so starkes Objektiv wählt, daß ein Glanzfeld das ganze Sehfeld erfüllt, oder aber, daß man das Sehfeld in der Weise verkleinert, wie es für konoskopische Beobachtungen in der Mineralogie üblich ist. Ohne solche Vorkehrung, d. h. also z. B. bei schwächeren Objektiven, wirken stets mehrere benachbarte Felder zugleich und, da in ihnen, wie erläutert, die Streifensysteme verschiedenen Verlauf haben, so treten Multipla der sechs genannten Spektren auf, die alle auf dem gleichen Kreise liegen. Daher sieht man gewöhnlich einen dicht geschlossenen Ring von Spektren (aus etwa 24 oder 30 Einzelspektren gebildet), in welchem die einzelnen beim Verschieben des Präparates ihren Platz wechseln, so daß eine an Kaleidoskopbilder erinnernde Erscheinung zustande kommt.

Nun berührt dieser Spektrenkreis bei *Sapphirina darwinii* mit seinem roten Außenring gerade den Rand der Öffnung eines Objektivs von der numerischen Apertur 0,65 (Apochromat 8 mm). Daraus ergibt sich als Gitterkonstante δ, d. h. für die Summe eines Plättchens + einer Lücke, nach der Abbeschen Auflösungsformel für gerade Beleuchtung, $\delta = \frac{\lambda}{a}$, bei Licht von der Wellenlänge λ rot = ca. 0,65 μ und einer Apertur des Objektivs a von 0,65 der Wert 1 μ, der also etwas geringer als der direkt gemessene ist. Bei *Sapphirina ovatolanceolata* dagegen bedarf der Spektrenkreis

(roter Außenring) zu seiner Aufnahme ins Öffnungsbild eines Objektivs von der numerischen Apertur 0,95 (Apochromat 4 mm), was einem δ-Wert von 0,68 μ entspricht.

Ergänzend sei noch bemerkt, daß sich mit Objektiven hoher Apertur z. B. einer Ölimmersion von der numerischen Apertur 1,3 auch der Spektrenkreis zweiter Ordnung und zwar bei *Sapphirina darwinii* ganz überschauen läßt, bei *Sapphirina ovatolanceolata* dagegen nur in seinem inneren blau-grünen Anteil.

Färbt man die Glanzschicht (Flachschnitte) kurze Zeit mit Hämalaun und Eosin, so erscheinen bei hoher Einstellung die trennenden Linien zwischen den Glanzplättchen blaurot gefärbt (Abb. 5a links). Diese gefärbte Zwischenmasse muß als das Protoplasma der Glanzzellen angesprochen werden, in das die Plättchen eingelagert sind; schon ihr guter Zusammenhalt setzt ja die Anwesenheit einer verbindenden Zwischenmasse voraus. Bei tiefer Einstellung erkennt man aber auch, daß die Plättchen selbst Farbe angenommen haben, indem nun jedes Plättchen als blauroter Kreis erscheint (Abb. 5a rechts). Daß die Plättchen bei hoher Einstellung hell aussehen, also scheinbar ungefärbt sind, hängt mit ihrer starken Brechkraft zusammen, ähnlich wie z. B. die stark absorbierenden Melaningranula bei hoher Fokussierung farblos aussehen. Wenn man nun längere Zeit (mehrere Stunden) färbt, ändert sich das Verhalten der Glanzschicht; die starke Lichtbrechung (und auch Doppelbrechung) der Plättchen ist verschwunden, offenbar durch Lösung der stark brechenden Substanz (s. Absch. 6), und es erscheinen jetzt bei hoher Einstellung viel kleinere helle (Abb. 5b links), bei tiefer dunkle Kreise (Abb. 5b rechts). Nach dem Lösen der lichtbrechenden Masse ist aber das Protoplasma keineswegs von Löchern durchsetzt, vielmehr

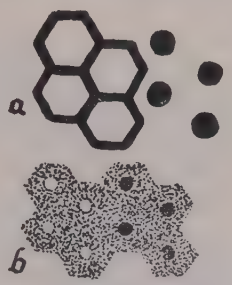


Abb 5.
Glanzschicht
a schwach, b stark gefärbt mit Hämalaun; linke Hälfte beider Abbildungen hohe, rechte tiefe Einstellung.
Vergr. sehr stark.

verbleibt ein färbbarer Rückstand der Plättchen. Diesen letzten Bildern nach gewinnt man den Eindruck, als ob der mittlere Teil der Plättchen aus dichterer Substanz bestände. — Mit Thionin kann man die Glanzplättchen, ohne sie zu lösen, kräftig färben.

Auf den Querschnitten hat die Hypodermis sich meist von der Cuticula abgehoben, welche, um ein mehrfaches dicker ist als die erzeugende Matrix (vgl. Abb. 4), im Durchschnitt etwa 2 μ erreicht. Zwischen Hypodermis und Cuticula sieht man stellenweise eine sehr feine Lamelle verlaufen, von der es ungewiß bleibt, ob sie der letzten zuzurechnen ist, oder aber eine festere Differenzierung auf der Außenseite der Glanzschicht (Limitans der Zelle) darstellt. Auf den Querschnitten findet man die Kerne der Glanzzellen der Unterseite der Glanzschicht anliegend; sie erscheinen in Kantenansicht strichförmig mit vorgebuchtetem Nukleolus. Hält man ihr Bild in der Aufsicht (s. o.) mit dem am Querschnitt zusammen, so ergibt sich, daß sie sehr stark abgeplattet sind. Wie die Aufsicht, in der die Kerne durch die Glanzschicht hindurchschimmern, so lehrt auch der Querschnitt, daß durch die Anwesenheit des Kernes keine Durchbrechung der Glanzschicht der Zelle erfolgt.

So haben wir also auf der schillernden Rückenseite der *Sapphirina*männchen stark abgeplattete große Hypodermiszellen vor uns, die sowohl die chitinige Cuticula liefern, als auch in ihrem Plasma die Glanzplättchen ausbilden, welche, regelmäßig geordnet, eine dünne Lamelle, die Glanzschicht, bilden, auf deren Unterseite in einer geringen Menge Protoplasmas der plattige Kern liegt.

Über die Ursachen der Felderung der einzelnen Glanzzellen wird man nur an Hand der Entwicklungsgeschichte zu voller Klarheit kommen können. Zwei Möglichkeiten scheinen nahe liegend. Entweder sind die Glanzfelder in protoplasmatischen Strukturen vorgezeichnet; dann bleibt es auffällig, daß diese geordnete Struktur nicht gleichmäßig je eine Zelle durchsetzt; oder aber, was wahrscheinlicher dünkt, die Bildung der Glanz-

plättchen geht von so viel Stellen in der Zelle aus, als später Felder vorhanden sind, und die Konturen der Felder stellen also die Grenzen dar, in welchen diese Wachstumzentren, sich ausbreitend, einander Halt geboten. In diesem Falle müßte man die regelmäßige Anordnung der Plättchen in jedem Felde auf Kräfte zurückführen, die in ihnen selbst liegen. Da nun, wie später zu begründen ist, die Glanzplättchen kristalline Substanz erhalten, so könnte man vielleicht in Kristallisationskräften die Ursache für die regelmäßige Anordnung der Täfelchen vermuten. —

Eine besondere Besprechung bedarf noch die Struktur der Glanzschicht in der Furka von *Sapphirina darwinii*. Während, wie bereits öfter erwähnt, der Rumpf dieser Art, mit Ausnahme des nicht schillernden, vom voraufgehenden Abdominale größtenteils überdeckten Analsegments, die charakteristische „Pleurosigmastruktur" aufweist, habe ich an der prächtig metallglänzenden Furka auch nicht eine Spur davon wahrnehmen können. Vielmehr findet sich hier eine äußerst feinkörnige Masse, die selbst bei stärksten Vergrößerungen keine Anzeichen einer regelmäßigen Formung oder Anordnung ihrer Partikel erkennen läßt. Daß aber doch eine gewisse Ordnung in dieser Masse herrscht, lehrt ihr Verhalten in polarisiertem Licht: niemals zeigt die schillernde Lamelle der Furka Doppelbrechung in Flächenansicht, wohl aber in Kantenansicht, z. B. an solchen Stellen des Randes, an welchen sie ein wenig aufgebogen ist. Damit bietet also die feinkörnige Masse der Furka dieselbe optische Orientierung — optische Achse normal zur Fläche — dar, die wir noch für die Glanzplättchen kennen lernen werden. Übrigens zeigt die Glanzschicht der Furka (im Dunkelfeld) eine Zerteilung in eine Anzahl (etwa 10) Zellen, deren Umfang im Vergleich zu den Glanzzellen des Rumpfes klein ist.

4. Die Konstanz der Glanzzellen.

Bei der Untersuchung der Glanzzellen war mir aufgefallen, daß in der rechten und linken Hälfte ein und desselben Segmentes und auch an den gleichen Stellen bei ver-

schiedenen Individuen dieselben Zellformen wiederkehrten. Ein genaueres Eingehen auf diese Verhältnisse lehrte nun, daß die Zahl der Glanzzellen festgelegt, ihre Anordnung in der rechten und linken Körperhälfte streng symmetrisch ist und damit auch ihre Form und zwar nicht nur in der linken und rechten Körperhälfte eines Tieres, sondern auch bei verschiedenen in ihren charakteristischen Zügen wiederkehrt. Es liegt somit Konstanz der Glanzzellen vor, wenn man mit Martini[1]) unter „Konstanz histologischer Elemente" die Tatsache versteht, „daß sich bei manchen Spezies gewisse Zellindividuen bei jedem Exemplar genau an derselben Stelle im Körper wiederfinden, stets die gleichen Beziehungen zur Umgebung aufweisen und auch in ihren histologischen Merkmalen sich als homolog kennzeichnen."

Das Studium dieser Verhältnisse habe ich vornehmlich im Dunkelfeld (Planktonkondensor von Zeiss) bei schwachem Objektiv und starkem Okular (Objektiv 2 von Leitz und Periplanatisches Okular 15) vorgenommen. Das hat den Vorteil, daß man die Zellgrenzen, die, wie bereits erwähnt, im Dunkelfeld an ungefärbten, in Balsam eingeschlossenen Tieren mit gut erhaltener Glanzschicht schön hervortreten, über größere Strecken hinweg verfolgen und zeichnen kann, während Beobachtung im Hellfeld viel stärkere Objektive zur sicheren Unterscheidung der Zellkonturen verlangt und also bei dem kleineren Sehfeld häufiges Verschieben des Präparates und eine Zusammensetzung der Zeichnung aus vielen kleinen Abschnitten bedingt. Dabei treten aber in dem Netz der Zellkonturen leicht Unstimmigkeiten an den Grenzen der zusammengestückelten Teile auf, die sich schwer berichtigen lassen. Die Untersuchung im Dunkelfeld hat sich sehr bewährt, und ich möchte die Gelegenheit nicht vorbeigehen lassen, nachdrücklich darauf hinzuweisen, daß in der Zoologie die Dunkelfeldbeleuchtung noch viel zu wenig angewandt wird, wobei freilich, wenn man von Geißel-, Spermienuntersuchung

1) Studien über die Konstanz histologischer Elemente. I. Oikopleura longicauda. Z. f. wiss. Zool. Bd. 92, 1909, S. 563.

und dgl. feinen Objekten absieht, nicht die für die Bakterien und Spirochatenbeobachtung in erster Linie konstruierten Spiegelkondensoren mit punktförmigem Sehfeld, sondern solche mit größerem Feld in Frage kommen.

Wenn sich einmal Ungewißheit ergab, ob eine Zell- oder Feldgrenze vorlag, so genügte meist die Kontrolle mit der Gegenseite zur Klarstellung, oder es wurde auch die Prüfung bei stärkerer Vergrößerung im Hellfeld vorgenommen. So erfolgte also im Gegensatz zu den bisher untersuchten Fällen, bei denen die Konstanz vorwiegend auf Grund der Zellkerne erbracht wurde, die Feststellung mittels der Zellgrenzen. Freilich ist auch hier die Zählung der Zellen an Hand ihrer Kerne bei gefärbten Exemplaren (mit zerstörter Glanzschicht) wenn auch mit viel mehr Mühe möglich; aber da die Zellformen bei solchem Verfahren kaum genau festgestellt werden können, die Kerne der Zellen aber keine individuellen Unterschiede erkennen lassen, so steht dieses Verfahren für *Sapphirina* hinter dem von uns angewandten zurück. Ja, die Leichtigkeit, mit der sich hier Zellkonstanz nachweisen läßt, macht unsere Tiere geradewegs zu einem Demonstrationsobjekt für Konstanz histologischer Elemente.

Am einfachsten lassen sich die Verhältnisse in den letzten Abdominalsegmenten (Abb. 6) überschauen, von denen, wie bereits gesagt (s. S. 232) bei *Sapphirina ovatolanceolata* das Abdominale 5 mitsamt Furka die Glanzzellen entbehrt. Das Abdominalsegment 4 (Abb. 6) besitzt in jeder Hälfte 13 Zellen, von denen zehn an den Außenrand grenzen, eine, inmitten der anderen gelegene, sieben Nachbaren berührt. Diese Zellen haben im allgemeinen polygonale Form. Hervorzuheben ist, daß vier Glanzzellen jederseits geradlinig in der Medianlinie zusammenstoßen und in lateraler Richtung gestreckt sind und zwar nach dem kaudalen Segmentrand zu in immer ausgesprochenerer Form, so daß die letzte dieser vier Zellen, als lang in die Quere gedehntes Element ungefähr den halben Hinterrand der Segmenthälfte begrenzt.

Das Abdominale 3 (Abb. 6) umfaßt in jeder Hälfte zwölf Zellen. Die vier genannten in die Quere gestreckten medi-

anen Zellen kehren in derselben Art wieder wie im Abdominale 4. Ebenso findet sich die in Einzahl vorhandene mittlere Zelle, hier aber nur an fünf Nachbaren angrenzend. Der Unterschied zwischen Abdominalsegment 4 und 3 betrifft also

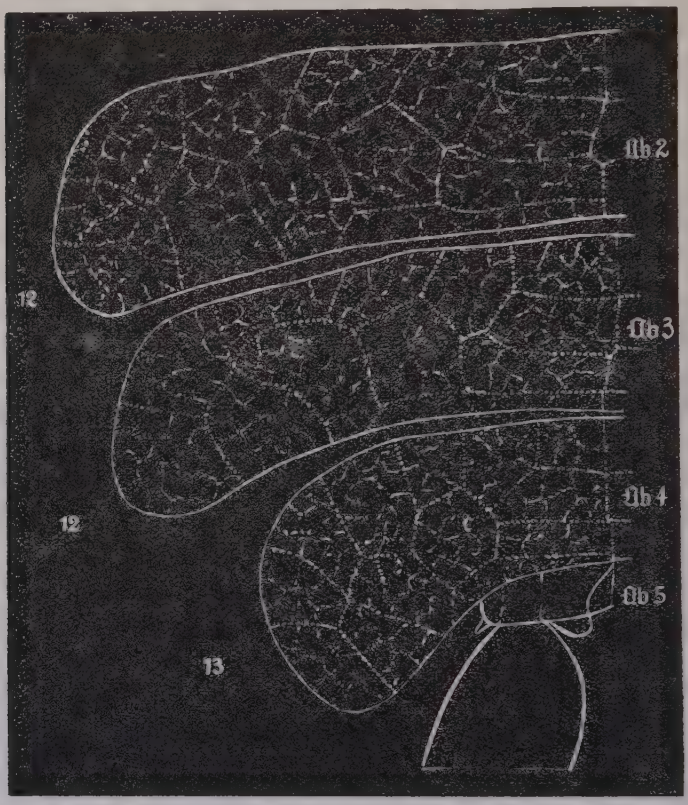


Abb. 6.
Glanzzellen auf den vier letzten Abdominalia von *Sapphirina ovatolanceolata* (Dunkelfeld). Vergr. 113 : 1.

nicht die medianen, sondern die an den Außenrand des Segmentes grenzenden Zellen, von denen im Abdominale 3 eine weniger vorhanden ist als im Abdominale 4.

Das Abdominale 2 (Abb. 6) entspricht nach Zahl und gegenseitiger Lage der Glanzzellen durchaus dem dritten Ab-

dominalsegment: in jeder Hälfte 12 Zellen, darunter vier mediane.

Verwickelter werden die Verhältnisse beim Abdominale 1 und den weiter nach vorn folgenden thorakalen Segmenten (Abb. 7).

Im Abdominale 1 (Abb. 7) trägt jede Segmenthälfte 22 Glanzzellen; außerdem findet sich median eingeschaltet eine unpaare Zelle. Die paarigen Medianzellen sind hier (in der bisher beschriebenen Form) zu fünf auf jeder Seite der Mittellinie vorhanden; hinter dem — von vorne gezählt — zweiten Paar der medianen Zelle folgt die genannte unpaarige Zelle. Wesentlich anders werden die Verhältnisse in den Seitenteilen des Segmentes dadurch, daß eine größere Anzahl von Zellen (Abb. 7) allseits von anderen umgeben ist.

Weiter nach vorn schreitend stoßen wir zunächst auf das kleine rudimentäre Thorakale 5 (Abb. 7), das in jeder Hälfte fünf Zellen, darunter drei mediane aufweist.

Das Thorakale 4 (Abb. 7) besitzt eine unpaare in der Mitte seines Vorderrandes gelegene Zelle, ferner in jeder Hälfte vier an die Mittellinie angrenzende Zellen und schließlich in den Seitenteilen des Segmentes jederseits 28 Zellen. Bemerkenswert ist, daß zwar im allgemeinen noch das Prinzip einer nach hinten zunehmenden Verbreiterung der paarigen medianen Zellen festgehalten wird, daß aber ein Paar und zwar, vom Vorderrand gerechnet, das zweite, eine abweichende Form darbietet, in dem seine beiden Partner ungefähr halbkreisförmig sind und zu einem Vollkreis zusammenschließen.

Im Thorakale 3 (Abb. 7) sind die Verhältnisse in der Medianlinie ähnlich wie im Thorakale 4, nämlich eine unpaare Zelle am Vorderrand, darauf folgend zweimal vier paarige Zellen, von denen das zweite Paar zum Kreis zusammenschließt; aber die früher beobachtete Neigung dieser Zellen, sich nach hinten fortschreitend zu verbreitern, tritt kaum mehr hervor. In den Seitenteilen der Segmenthälften finden sich je 35 Zellen.

Das Thorakale 2 (Abb. 7) bietet in der Mittellinie fünf paarige Zellen dar; eine unpaare mediane Zelle fehlt. In

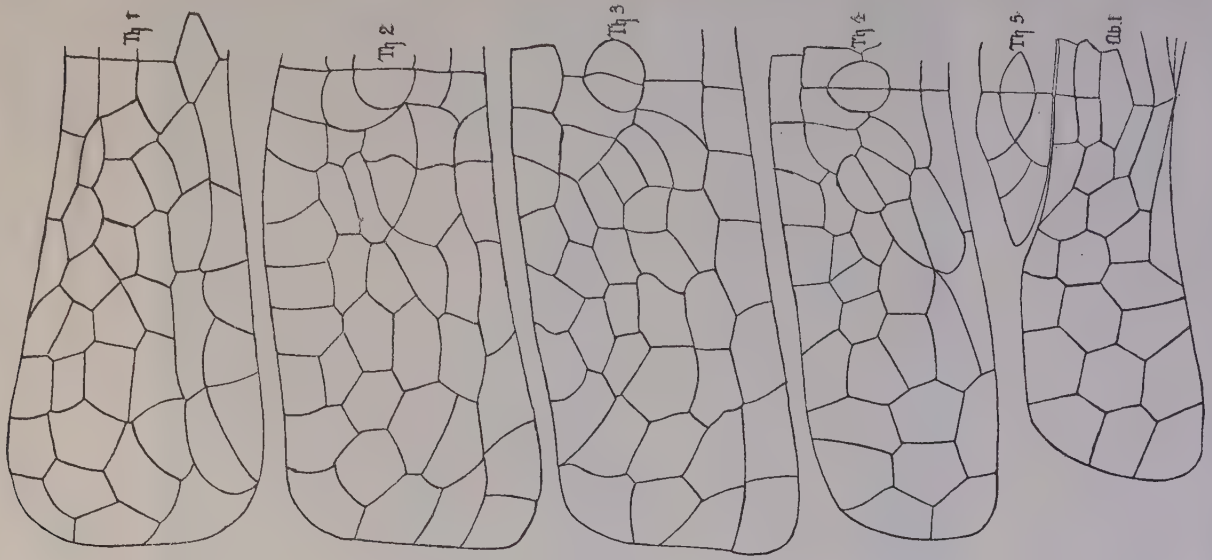


Abb 7.
Glanzzellen auf den Thorakalia 1—5 (Th 1—Th 5) und dem Abdominale 1 (Ab. 1) bei *Sapphirina ovatolanceolata*. Vergr. 80 : 1 (nach Dunkelfeldbeobachtung gezeichnet).

der Reihe der paarigen aber kehren die beiden halbkreisförmigen Zellen am gleichen Ort wie im Thorakale 4 und 3 wieder, von den zwei voraufgehenden halbmondförmigen teilweise umfaßt. Von Verbreiterung der paarigen Medianzellen ist nichts mehr zu bemerken. Die Seitenteile des Segmentes werden von je 35 Zellen gebildet.

Das Thorakale 1 schließlich (Abb. 7) zeigt beiderseits der Mittellinie vier Zellen, dazu als vorletzte in der Reihe eine unpaare; auf die Seitenteile des Segmentes entfallen je 34 Zellen.

Rechnen wir diese, bei ein- und demselben Exemplar von *Sapphirina ovatolanceolata* festgestellten Zahlen für die Glanzzellen des Rumpfes zusammen, so ergibt sich:

		unpaare Glanzzellen	paarige Glanzzellen			unpaare Glanzzellen	paarige Glanzzellen
Thorakale	1	1	2×38	Abdominale	1	1	2×22
„	2	—	2×40	„	2	—	2×12
„	3	1	2×39	„	3	—	2×12
„	4	1	2×32	„	4	—	2×13
„	5	—	2× 5				
Thorakalia		3+(2×154)=311;		Abdominalia		1+(2×59)=119	

Insgesamt haben wir also 311 Glanzzellen auf dem Thorax und 119 Glanzzellen auf dem Abdomen, zusammen 430 Glanzzellen auf dem Rumpf.

Die Zahl und gegenseitige Lage der Glanzzellen auf den vier letzten Abdominalia habe ich bei fünf Tieren geprüft und genau übereinstimmend gefunden. Die Verhältnisse auf dem ersten Abdominal- und den Thorakalsegmenten konnte ich mangels hinreichend gut erhaltenen Materials nur an Stichproben betr. die Verhältnisse in der Mittellinie bei zwei Exemplaren kontrollieren; bei dem einen derselben ergab sich volle Übereinstimmung mit den oben beschriebenen Verhältnissen; bei dem anderen zeigte das Thorakale 5 statt zwei mal fünf Zellen auf der einen Seite sechs, wodurch der geradlinige Verlauf der Medianlinie gestört war, und das Thorakale 2 bot an Stelle der medianen kreisförmigen Doppelzelle eine einzige Zelle dar.

Höchst regelmäßig ist schließlich die Anordnung der Zellen auf dem Kopfsegment (Abb. 8). In der Medianlinie folgen von vorn nach hinten: eine unpaare Zelle (A) in der Reihe der Randzellen, daran angrenzend eine zweite unpaare

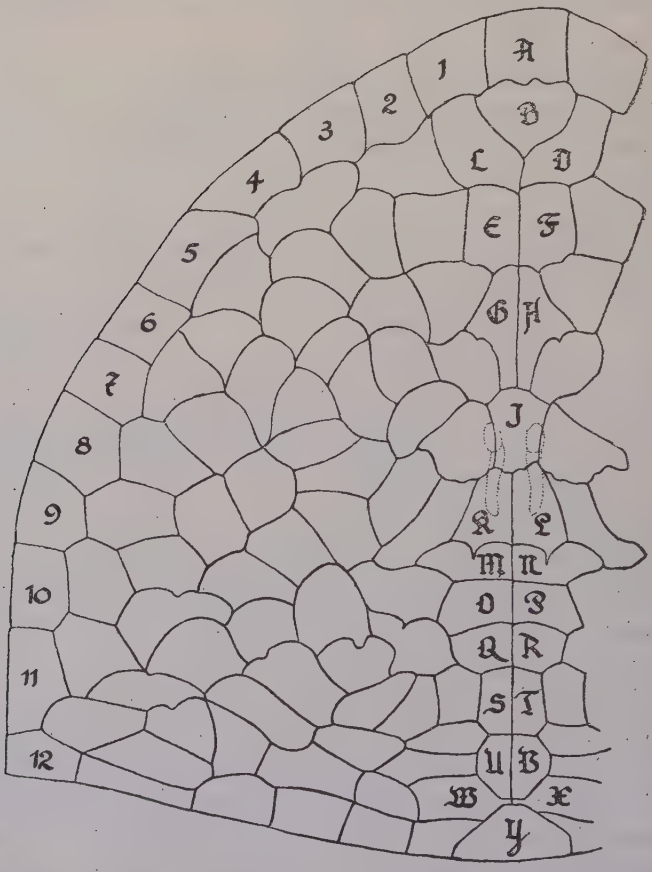


Abb. 8.
Glanzzellen des Kopfsegmentes von *Sapphirina ovatolanceolata*. Vergr. 84 : 1 (nach Dunkelfeldbeobachtung gezeichnet). Buchstabenerklärung im Text.

Zelle (B), dann nach einer Folge von drei Paaren medianer Zellen (CD, EF, GH), über dem Vorderteil der Augen gelegen eine dritte unpaare Zelle (I) und endlich nach weiteren sieben Zellpaaren (KL, MN, OP, QR, ST, UV, WX) eine vierte un-

paare Zelle (Y) in der Mitte des hinteren Segmentrandes. Ein Blick auf die Zeichnung lehrt, daß auch die an diese medianen Zellen angrenzenden durchaus charakteristisch geformt und gelagert sind. Das (zur Hälfte) abgebildete Kopfsegment enthält außer den genannten vier unpaaren Zellen übereinstimmend 83 Zellen in jeder Hälfte, insgesamt also 170 Zellen. Rechnen wir dazu die 430 Glanzzellen auf dem Rumpf, so ergibt sich als Gesamtzahl der Zellen für das untersuchte Exemplar 600.

Zum Vergleich mit den eben geschilderten Verhältnissen am Kopfsegment habe ich bei mehreren (drei bis vier) anderen Exemplaren Stichproben gemacht. Stets wurden die Verhältnisse in der Medianlinie, was paarige und unpaare Zellen nach Form und Lage betrifft, genau übereinstimmend gefunden. Nur in einem Falle erschien die unpaare Zelle in der Mitte des hinteren Segmentrandes (Y) in zwei zerlegt, die zugleich die schmalen Einschübe des zunächst angrenzenden Zellpaares (WX in Abb. 8, auch bei anderen Exemplaren in gleicher Weise wiederkehrend) verdrängten, so daß das mediane Randzellenpaar unmittelbar an die nächsten polygonalen Zellen (UV) anstößt. Weiter habe ich in Übereinklang mit Abb. 8 (1—12) bei den Vergleichsstücken immer 12 Zellen am linken und rechten Außenrand des Segmentes gefunden (die unpaare Zelle A vorn in der Mittellinie nicht mitgezählt), deren hinterste (12) sich stets zugleich an der Begrenzung des Segmenthinterrandes beteiligt; auch die charakteristischen Gestalten dieser Zellen kehrten regelmäßig wieder; z. B. sprangen die Zellen 3 und 4 stets an ihrer gemeinsamen Grenze in die nach innen angrenzende Glanzzelle ein, und ähnlich buchtete sich die nach innen anstoßende Zelle gegen die Grenze der 11. und 12. Randzelle vor. Die Einfassung des Hinterrandes wurde beiderseits stets von fünf Zellen vollzogen, wobei die unpaare mediane und die an der Außenecke gelegene Zelle nicht mitgerechnet sind. Auch eine Anzahl anderer nach Form und Lage charakteristischer Zellen habe ich auf ihr typisches Wiederkehren bei verschiedenen Exemplaren geprüft.

Von Teilungen der Glanzzellen, die mit ihrer Konstanz nicht im Einklang stände, habe ich nie etwas bemerkt. Die betreffende Angabe Gegenbaurs (s. S. 229) stützte sich auch nur auf die Form benachbarter Zellen.

Die beschriebene Konstanz ist natürlich nur zu verstehen, wenn bereits in embryonaler Zeit jeder Segmentanlage eine bestimmte Zahl bestimmt gelagerter Zellen zugewiesen wird und diese sich in gesetzmäßiger Art weiter vermehren. Besonders springt die Symmetrie der Zellen in beiden Körperhälften in die Augen, und da die feine Modellierung der äußeren Körperform (die natürlich im groben durch die an der Hautdecke umschlossenen Organe bestimmt wird) von der Zahl und Anordnung der Hypodermiszellen mit bestimmt wird, so sehen wir hier ähnlich wie in der Furchung gesetzmäßige Folge von Zellteilungen als einen symmetriebestimmenden Faktor. Freilich ist das Symmetrieproblem des Tierkörpers ein viel weiteres, wie schon daraus erhellt, daß Gebilde vollkommenster und verwickelter Symmetrie in einkernigen Plasmamassen entstehen können (Radiolarienschalen, Kalkkörper von Holothurien u. dgl. m.). Aber gegenüber der in neuerer Zeit nicht selten zutage tretenden Neigung, die Symmetrie als ein geheimnisvolles, den Körper beherrschendes Prinzip zu betrachten, das von morphologisch-wahrnehmbaren Eigenschaften desselben unabhängig ist, verdienen doch solche Fälle, wo die Symmetrie aus morphologischen Faktoren verständlicher wird, nachdrücklicher Hervorhebung.

Da man den konstanten Formen der Hypodermiszellen wohl kaum funktionelle Bedeutung zusprechen kann, indem ein gleichmäßiges Mosaik sechseckiger Zellen etwa auf dem Kopfsegment doch wohl statisch dasselbe leisten würde wie eine so wunderbare symmetrische Verteilung desselben, so wird man die Formen auch nicht in dem Sinne als vererbt ansehen wollen, daß in den embryonalen Hypodermiszellen der Segmente bereits irgendwelche Anlagen dieser Formen vorhanden wären. Vielmehr ist vererbt die Teilungsfolge, die, auf einem räumlich bestimmten Feld sich abspielend, die Formen der Zellen mit Notwendigkeit nach sich zieht, ohne daß diese eine funktio-

nelle Bedeutung hätten, wie das bei anderen konstanten histologischen Elementen, Nervenzellen z. B., doch sicherlich der Fall ist.

Es würde gewiß für das Verständnis der histologischen Konstanz der Glanzzellen von Bedeutung sein, nachzuprüfen, ob auch auf den nicht Glanzzellen tragenden Abschnitten der Dorsalfläche (Analsegment, Furka) und auf der Ventralsseite des Männchens Konstanz der Hypodermiszellen besteht, ferner, wie die entsprechenden Verhältnisse (dorsal und ventral) beim Weibchen liegen, und schließlich, welche Unterschiede und Übereinstimmungen verschiedene *Sapphirina*arten darbieten, welch letzte sogar vielleicht als systematische Merkmale Bedeutung hätten. Alle diese Fragen muß ich teils aus Mangel an geeignetem Material, teils aus Mangel an Zeit, teils weil sie den dieser Arbeit gezogenen Rahmen allzusehr überschreiten, unbeantwortet lassen. Es sei nur noch gesagt, daß, falls auf glanzzellenfreien Stellen der Dorsalseite, ferner auf der Ventralseite des Männchens und beim Weibchen keine Konstanz herrschen sollte, dies ein deutlicher Hinweis wäre, daß die Konstanz der Glanzzellen mit ihrer eigenartigen Differenzierung zusammenhängt, wie ja auch sonst Konstanz oft Elementen eigentümlich ist, die solche Spezialisierung erfahren haben, daß ihr Ersatz durch Zellvermehrung im fertigen Organismus nicht mehr durchführbar erscheint.

5. Die Doppelbrechung der Glanzplättchen.

Die von Ambronn (s. S. 231) entdeckte negativ einachsige Doppelbrechung der Glanzplättchen läßt sich leicht bestätigen: in Flächenansicht erscheint die Glanzschicht im mittleren Teil des Tieres an Stellen, an welchen sie unzerknittert ist, zwischen gekreuzten Nikols unter allen Azimuten vollkommen dunkel; je mehr man sich aber dem Rande des Tieres nähert, um so mehr hellt sich die Glanzschicht auf, bis sie, im optischen Schnitt gesehen, unter $\pm 45^0$ als weiße Linie aufleuchtet, bei eingeschalteter Gipsplatte aber unter $+ 45^0$ in steigender, unter $- 45^0$ in sinkender Farbe erscheint.

Aus dem Dunkelbleiben in Flächenansicht ergibt sich, daß die optische Achse normal zur Glanzschicht steht und aus dem Verhalten über der Gipsplatte, daß der wahre, d. h. auf die Richtung der optischen Achse (Flächennormale) bezogene Charakter der Doppelbrechung negativ ist.

Die Stärke der Doppelbrechung ist ganz ungewöhnlich hoch; denn selbst einzelne auf der Kante stehenden Glanzplättchen leuchten in Diagonallage zwischen gekreuzten Nikols in grauweiß bis weiß IO auf und lassen bei eingeschalteter Gipsplatte Additionsfarben und Subtraktionsfarben mühelos erkennen, und zwar steigende Farben, wenn die Kante des Plättchens unter + 45° dahingeht, sinkende, wenn sie unter — 45° verläuft, was, wie schon früher (s. S. 242) erwähnt, dartut, daß die in Kantenansicht wie Stäbchen erscheinenden Plättchen keine wirklichen Stäbchen sind. Auch die Auslöschung parallel der Kante läßt sich an jedem einzelnen Plättchen gut verfolgen.

Setzt man den Flächendurchmesser eines Plättchens, also die Dicke der in Kantenansicht vom Licht durchlaufenen Schicht, rund mit 1μ an (was bei *Sapphirina ovatolanceolata* sicher zu hoch gegriffen ist, vgl. S. 243) und schätzt die Interferenzfarbe des Plättchens zwischen gekreuzten Nikols mäßig auf Grauweiß, also rund auf einen Gangunterschied von 200 μμ = 0,2 μ, so ergibt sich nach der Gleichung $n_\varepsilon - n_\omega = \frac{G}{\delta}$, (worin $n_\varepsilon - n_\omega$ die Stärke der Doppelbrechung, δ die Dicke der vom Licht durchlaufenen Schicht und G den Gangunterschied bedeutet) die Stärke der Doppelbrechung für unser Objekt zu $\frac{0{,}2}{1} = 0{,}2$. D. h. nach dieser Überschlagsrechnung geht die Stärke der Doppelbrechung der Glanzplättchen noch über die des Kalkspats (0,172) hinaus und kommt etwa der des Magnesits (0,2) gleich.

Ich habe nun weiter nach der „Umhüllungsmethode" (durch Vergleich mit Flüssigkeiten von bekanntem Brechungsindex) den Brechungsindex des ordentlichen n_ω und außerordentlichen Lichtes n_ε annähernd bestimmt. Der

Brechungsindex des ordentlichen Lichtes läßt sich (auch ohne Anwendung eines Nikols) in der Flächenansicht der Glanzschicht beobachten, da ja bei Lichtdurchgang parallel der optischen Achse nur n_ω wirksam ist. Obwohl ich nun gemäß der Deutlichkeit, mit der man noch in Balsampräparaten die Sechseckzeichnung wahrnimmt, auf einen hohen Brechungsindex gefaßt war, so erstaunte ich doch nicht wenig, als ich in der Reihe der Vergleichsflüssigkeiten immer höher hinauf greifen mußte und schließlich erst mit der höchst brechenden, mir zur Verfügung stehenden Flüssigkeit, einer schwefelgesättigten Lösung von Methylenjodid, die Sechseckzeichnung bei enger Blende fast ganz zum Verschwinden bringen konnte. Der Brechungsindex einer solchen Lösung wird (für Natriumlicht) zu 1,7872 [1]), rund 1,79, angegeben. Der Brechungsindex n_ω der Plättchen beträgt also ungefähr 1,79, ging jedenfalls noch merklich über den des reinen Methylenjodids (1,743) hinaus. Ich bemerke noch, daß Methylenjodid (+ Schwefel) die Glanzplättchen keineswegs angreift, da nach dem Auswaschen dieser Flüssigkeit die Sechseckzeichnung wieder in voller Schärfe hervortritt. Da Methylenjodid mit Alkohol nicht gut mischbar ist, muß man für den geschilderten Versuch einen Fetzen der Glanzschicht entwässern, darauf in Xylol und erst aus diesem in Methylenjodid-Schwefel-Lösung überführen; die Anwesenheit von Schwefelkristallen in dieser Lösung verbürgt ihre Konzentration.

Die Bestimmung von n_ε habe ich an Querschnitten der Glanzschicht vorgenommen, die mit ihrer Länge senkrecht zur Schwingungsrichtung des allein eingeschalteten Polarisators orientiert wurden, sodaß das längs der optischen Achse schwingende außerordentliche Licht allein wirksam war; man muß dabei natürlich solche Stellen aussuchen, bei denen die Glanzschicht möglichst genau quergetroffen, d. h. die Lamelle mit der Kante vertikal dem Objektträger aufsteht. An solchen Stellen findet man den Brechungsindex n_ε etwas kleiner

1) Vgl. W. Behrens, Tabellen zum Gebrauch bei mikroskopischen Arbeiten, 4. Aufl., herausg. v. E. Küster, Leipzig 1908.

als den des Anisöls (1,56) und etwas größer als den des Kanadabalsams (1,54), also etwa zu 1,55.

Dreht man solche Schnitte in der Tischebene um 90°, so daß jetzt ihre Länge der Schwingungsrichtung des Polarisators parallel geht, so kommt n_ω zur Geltung, und auch auf diesem Wege bestimmt man es zu ungefähr 1,79 (etwa gleich dem Brechungsindex des schwefelgesättigten Methylenjodids).

Die Differenz $n_\varepsilon - n_\omega = 1{,}55 - 1{,}79$ ergibt als Stärke der Doppelbrechung 0,24 (mit negativem Vorzeichen), ein Wert, der im Hinblick auf die rohen Bestimmungsmethoden als mit dem früher aus der Interferenzfarbe ermittelten 0,2 in befriedigender Übereinstimmung anzusehen ist.

Wir werden später (s. S. 269) den Nachweis erbringen, daß es sich bei der Einbettung der Glanzplättchen in die genannten Flüssigkeiten nicht nur um eine Umhüllung handelt, sondern vielmehr eine Imbibition damit eintritt, wofür auch bereits die Möglichkeit, die Glanzplättchen zu färben (s. S. 245—246), spricht. Es mag aber bereits hier hervorgehoben sein, daß solche Imbibition die Stärke der Doppelbrechung der Glanzplättchen nicht merklich ändert, mag die Flüssigkeit einen Brechungsindex haben, welchen sie will. Daraus muß geschlossen werden, daß die Doppelbrechung nicht Formdoppelbrechung d. h. strukturell im Sinne der Morphologie, bedingt ist (bei Imbibition mit einer Flüssigkeit von mittlerem Brechungsindex der Plättchen würde sie alsdann beseitigt), sondern dass die Doppelbrechung Eigendoppelbrechung, d. h. durch bestimmte Ordnung im molekularen Bereich, Kristallinität, bedingt ist.

Angesichts der Imbibitions- und Färbmöglichkeit der Glanzplättchen wird man ein jedes kaum als mikroskopisch kleines Kristall-Individium betrachten können, wie das Ambronn erwogen hat (s. S. 231), sondern es liegt wohl näher, dem Glanzplättchen einen micellaren Bau, d. h. regelmäßige Zusammensetzung aus submikroskopischen Kriställchen, zuzusprechen. Damit kann die hexagonal-rundliche Gestalt der Glanzplättchen nicht als echte Kristalltracht gelten, sondern hängt, wenn nicht protoplasmatisch vorgeformt, vielleicht mit

gegenseitiger Wachstumsbeeinflussung benachbarter Plättchen zusammen.

Wir werden im nächsten Abschnitt hören, daß die doppelbrechende Masse der Glanzplättchen aus Guanin besteht, oder die Plättchen wenigstens diesen Stoff in erheblicher Menge enthalten. Ich habe nun die optischen Verhältnisse von E. Merck (Darmstadt) bezogenen Guanins geprüft, das allerdings nicht aus gut ausgebildeten Kristallen, sondern aus kristallinen Körnchen regelloser Form bestand. Es ergab sich, dass auch diese in bestimmten Lagen einen ungewöhnlich hohen Brechungsindex, annähernd gleich dem des schwefelgesättigten Methylenjodids, und sehr starke Doppelbrechung besitzen.

Erlöschen der Doppelbrechung der Glanzschicht ist auf Herauslösen der doppelbrechenden Masse zurückzuführen, nicht etwa auf eine andere physikalische Wirkung des angewandten Reagenz. Verschwinden der Doppelbrechung stellt also stets einen irreparablen Vorgang dar. Abgesehen von später zu nennenden Flüssigkeiten wirkt bei längerer Färbung bereits der Alaungehalt des Hämalauns und ähnlich die Eisensalzbeize bei Heidenhainscher Färbung lösend auf die Masse der Glanzplättchen ein, beseitigt also die Doppelbrechung. Auch das Verschwinden der Doppelbrechung bei manchen Exemplaren, die in Formol oder Alkohol längere Zeit aufgehoben wurden, ist auf die Anwesenheit guaninlösender Substanzen in diesen Flüssigkeiten zurückzuführen.

Wie weit Doppelbrechung und Schillerfarben zusammengehen, wird später auseinander zu setzen sein (s. S. 279).

6. Die chemische Natur der Glanzplättchen.

Als ich zu einer frisch unter Deckglas gebrachten *Sapphirina ovatolanceolata* Salzsäure zusetzte, um ihren Einfluss auf den Farbenschiller unter dem Mikroskop zu beobachten, sah ich, wie die Glanzschicht in dem Maße, wie sie mit der Säure in Berührung kam, verschwand und an ihrer Stelle stark licht- und doppelbrechende, z. T. ziemlich große und zu Drusen vereinte nadelige Kristalle von schiefer Auslöschung auftraten, die sich freilich nach einiger Zeit wieder

lösten. Da mir das Erscheinen solcher Kristalle in der Guaninschicht der Reptilienhaut nach Zusatz von Salzsäure von früher her wohl bekannt war[1]), so lag für mich die Vermutung recht nahe, daß es sich auch hier um Guanin oder eine Guaninverbindung handeln könnte. Daher stellte ich sogleich einige Lösungsproben bei frischen Sapphirinen an, welche diese Annahme nur befestigen konnten. Es ergab sich nämlich, daß die Glanzschicht in Säuren (außer Salzsäure auch in Schwefel- und Salpetersäure) und Alkalien (Kali- und Natronlauge) alsbald gelöst wird, während sie dagegen in starkem Ammoniakwasser, und selbst beim Erwärmen, ungeschädigt bleibt. Fügt man noch hinzu, daß Wasser, Alkohol, Äther, Chloroform, Xylol die Glanzplättchen nicht angreift, daß sie dagegen, wie bereits gesagt, an Eisenhämatoxylin- und Hämalaunpräparaten unter der Einwirkung des Alauns gelöst werden, so zeigte diese Substanz in der Tat ganz das Verhalten des Guanins, wie es dem physiologischen Chemiker[2]) und dem Histologen[3]) bekannt ist.

Nach diesen Befunden erprobte ich die Murexidreaktion (Xanthinprobe) an frischen Sapphirinen. Wurde ein Tierchen auf eine Porzellanschale gebracht, mit einem Tropfen Salpetersäure (spez. Gew. 1,2) befeuchtet und dann vorsichtig bis zur Trockne abgedampft, so hinterblieb um das Krebschen herum ein gelber, unter dem Mikroskop kristallinisch erscheinender Rückstand; beim Zusatz von Natronlauge wurde er orangerot; bei nachfolgendem Erwärmen trat aber keine weitere charakteristische Verfärbung ein. Es ist nun bekannt (vgl. Hoppe-Seyler/Thierfelder a. a. O.), daß das Guanin

---

1) Vgl. z. B. W. J. Schmidt, Die Chromatophoren der Reptilienhaut, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 90, Abt. I, 1917, S. 98 (vgl. S. 222, Abb. 15).

2) Vgl. z. B. Hoppe-Seyler/Thierfelder, Handbuch der physiologisch- u. pathologisch-chemischen Analyse 9. Aufl., Berlin 1924.

3) W. J. Schmidt, Über die Methoden zur mikroskopischen Untersuchung der Farbzellen und Pigmente in der Haut der Wirbeltiere, Z. f. wiss. Mikr. Bd. 35 (1918), S. 1. I. Millot, Le pigment purique chez les vertébrés inférieurs, Bull. biologique de la France et de la Belgique t. LVII (1923) p. 261.

im Gegensatz zum Xanthin (das übrigens in Ammoniakwasser leicht löslich ist), nach dem Abdampfen mit Salpetersäure und Zusatz von Lauge nicht rot, sondern braunrot, und bei anschliessendem Erhitzen nicht purpurrot, sondern blauviolett wird. Der Ausfall der Reaktion bei *Sapphirina* spricht also in den beiden ersten Schritten ihres Ablaufes durchaus für Guanin.

Warum allerdings beim Erwärmen keine blauviolette Verfärbung eintritt, sondern die Masse mehr gelbbräunlich wird, vermag ich nicht zu sagen. Ich habe die Murexidreaktion an in Alkohol oder Sublimat fixierten Tieren (*Sapphirina darwinii* und S. *ovatolanceolata*) nach Auswaschen derselben in destilliertem Wasser später noch öfter wiederholt und zwar mit Reagentien, die auf reines, von Merck bezogenes Guanin angewandt, den gesamten, oben charakterisierten Ablauf der Xanthinprobe gaben — stets mit dem gleichen Ergebnis, daß die Blauviolettfärbung beim Erwärmen ausblieb und statt dessen eine schmutzig gelbbraune Farbe erschien. Auch habe ich die Versuchsanstellung derart modifiziert, daß ich zunächst das Guanin mit Salzsäure auszog (s. u. Guaninchlorid), darauf abdampfte und dann erst die Murexidreaktion begann, ohne auch auf diesem Umweg etwas anderes als das bereits Gesagte zu erreichen. Vermutlich werden durch die Säuren weitere Stoffe mit ausgezogen, die dem Ablauf der Xanthinreaktion im letzten Abschnitt hinderlich sind. Stets aber wurden und zwar schon mit einem Tierchen, trotz der minimalen Masse der Glanzschicht, die beiden ersten Stufen der Guaninreaktion deutlich erhalten.

Entscheidend für die Anwesenheit von Guanin aber sprach die genauere Untersuchung der bereits kurz erwähnten, bei Zusatz von Salzsäure aus den Glanzplättchen entstehenden Kristalle. Freilich erhielt ich sie ohne weiters nie mehr so schön als zufällig in dem oben genannten Falle an frischem Material; aber ich habe sie doch oftmals an konserviertem Material in folgender Weise dargestellt. Bringt man über eine auf dem Objektträger liegende, mit Erhaltung der Glanzschicht (Doppelbrechung) konservierte, vorher in destilliertem Wasser ausgewaschene *Sapphirina* einen kleinen Tropfen Salzsäure, so

schwindet gemäß Beobachtung unter dem Mikroskop die Struktur und Doppelbrechung der Glanzschicht alsbald. Verdampft man nun die Säure langsam, so hinterbleibt um das Tierchen herum ein schon mit bloßem Auge sichtbarer schwach weißlicher „Kranz“ oder „Ring“ einer festen Masse. Mikroskopisch geprüft, erweist er sich aus zahlreichen kleinen sphärokristallartigen Bildungen zusammengesetzt (Abb. 9 a), die, in Luft be-

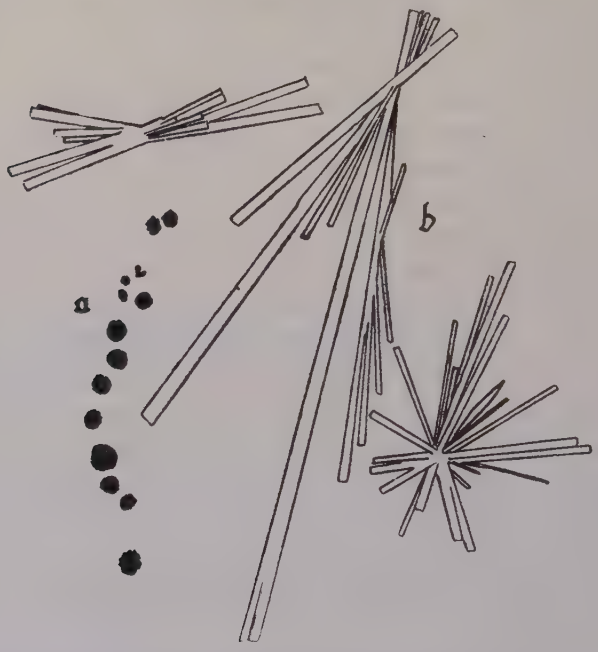


Abb. 9.

Kristalle von Guaninchlorid, die beim Behandeln von *Sapphirina ovatolanceolata* mit Salzsäure auftreten. a Die im Umkreis des Tieres erscheinenden Sphäriten, b dieselben nach Lösen in Wasser und erneutem Kristallisieren. Vergr. 300 : 1.

trachtet, wegen ihrer hohen Lichtbrechung auffallend dunkel aussehen. In polarisiertem Licht erweisen sie sich als stark doppelbrechend und zeigen, wenn regelmäßig ausgebildet, ein dunkles Kreuz, das mit den Schwingungsrichtungen der Nikols einen gewissen Winkel bildet. Setzt man nun zu diesem Kranz — das in seiner Mitte gelegene Tierchen kann man

vorher entfernen — einen Tropfen destilliertes Wasser, so lösen sich die Sphärokristalle sogleich auf und beim Verdunsten des Wassers oder bei vorsichtigem Abdampfen bilden sich lange Nadeln, die büschelartig zusammen liegen (Abb. 9 b). Daß diese Nadeln nicht anders sind als besser entwickelte Individuen derselben Art, welche die Sphärokristalle aufbauen, wird vor allem deutlich, wenn man, wie nicht selten beim Zusatz von Wasser, eine solche Nadel gleich aus einem Sphärokristall herauswachsen sieht. Die großen Nadeln sind stark doppelbrechend, löschen unter Winkeln von 28—30° aus und erweisen sich gemäß Prüfung mit der Gipsplatte Rot I O als negativ inbezug auf diese Richtung, d. h. die kleine Achse der wirksamen Indexellipse, ist um einen Winkel von 28—30° gegen die Länge der Nadeln gedreht.

Solche Nadeln sind aber nach A. Kossel[1]) charakteristisch für Guaninchlorid, das nach diesem Autor schlanke vierseitige Säulen bildet, die in den meisten Fällen unter einem Winkel von 27°, bei einzelnen auch von 30° auslöschen. Bevor mir noch Kossels Angabe bekannt war, hatte ich aus reinem Guanin (Merck) das Guaninchlorid hergestellt, die Auslöschungsschiefe zu 28° und den optischen Charakter, auf diese Richtung bezogen, als negativ bestimmt (Kossel macht keine Angaben über den Charakter der Doppelbrechung) und somit volle Übereinstimmung zwischen den Kristallen des Guaninchlorids und den nach Salzsäurebehandlung auftretenden bei *Sapphirina* erkannt.

Diese kristallographische Identifikation des Guanins ist wichtig, weil sie andre Purinkörper ausschließt; z. B. bildet nach Kossel a. a. O. das salzsaure Adenin (das sich auch durch leichtere Löslichkeit in Ammoniak vom Guanin unterscheidet) gerade auslöschende Nadeln, das leicht in Ammoniak lösliche Hypoxanthin (ohne Murexidreaktion!) verschiedenartig begrenzte, gerade und schief auslöschende Blätt-

1) Vgl. W. Behrens, A. Kossel, P. Schiefferdecker, Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchungen, Braunschweig 1889 (s. p. 279).

chen; die Kristalle des salzsauren Xanthins bezeichnet Kossel als „wenig charakteristisch". Harnsäure, die ebenfalls die Murexidreaktion gibt, liefert mit Säuren in Wasser schwer lösliche, gerade auslöschende Kristalle.

Daß die Glanzplättchen aus Guanin bestehen, bzw. erhebliche Mengen von Guanin oder einer Guaninverbindung enthalten, kann demnach als gesichert gelten. Es sei hier auch nochmals daran erinnert, daß gleich dem rein dargestellten Guanin (Merck) auch die Glanzplättchen hohen Brechungsindex und starke Doppelbrechung besitzen.

7. Die Entstehung der Schillerfarben.

Über die Entstehung der Schillerfarben bei den Saphirinen sind bis jetzt zwei ganz verschiedene Anschauungen vertreten worden. Die Mehrzahl der Autoren (vgl. S. 228–231) hält dafür, daß sie an den charakteristischen Inhalt der Glanzzellen, also die Glanzplättchen, geknüpft und Reflexions- oder Interferenzfarben seien. Ein strenger Beweis wird hierfür freilich nicht erbracht und es bleibt ungewiß, ob sie als Farben dünner Blättchen oder als Gitterfarben entstehen sollen. Ambronn (s. S. 232) hat demgegenüber betont, daß die Glanzschicht zu dick, bzw. die Gitterstruktur zu grob wäre, um die lebhaften Schillerfarben zu erzeugen, daß insbesondere der farbige Glanz erlöschen kann, ohne daß sich eine strukturelle Schädigung der Glanzschicht bemerkbar macht. Da nun dieser Forscher feststellte, daß die Farben im durchfallenden Licht komplementär zu denen im auffallenden Licht sind, daß ferner bei Variation des Einfallswinkels des auffallenden Lichtes die Farben in der Reihenfolge der Newtonschen Skala sich ändern, so schloß er auf ein „dünnes Blättchen" als farberzeugende Struktur, das, morphologisch nicht näher charakterisierbar, über der Glanzschicht liege, die nur als Reflektor diene.

Für uns handelt es sich daher zunächst um die Entscheidung, ob die Glanzschicht Träger des Schillers ist oder nicht. Daß sie irgend etwas mit der Entstehung der Schillerfarben zu tun hat, folgt schon aus ihrer Verbreitung, die sich mit

jener des Glanzes deckt: so fehlt ja bei *Sapphirina ovatolanceolata* mit den Glanzplättchen in Analsegment und Furka auch der Schiller, während bei *Sapphirina darwinii* mit der Metallfärbung der Furka hier eine freilich modifizierte Glanzschicht auftritt. Aber auch im einzelnen und feinsten schneidet der Farbenschiller stets genau mit der zackigen Grenze der Glanzschicht ab. Wollte man diese Befunde im Sinne Ambronns erklären, dann müßte man entweder annehmen, daß die Ausdehnung der hypothetischen dünnen Lamelle genau mit jener der Glanzschicht übereinfalle, oder aber, daß diese Lamelle ohne Anwesenheit des Reflektors unmerklich schwache Farben erzeuge.

Daß die Glanzschicht den Schiller verursacht, wird aber dadurch erwiesen, daß nach übereinstimmendem Befund in durchfallendem und auffallendem Licht, ferner im Dunkelfeld die Farbenerscheinungen von den einzelnen, ja isolierten Glanzplättchen ausgehen.

Wie bereits aus der Literaturübersicht zu entnehmen (vgl. S. 229, 231, 232), zeigen die schillernden Sapphirinen auch im durchfallenden Licht freilich weniger lebhafte Farben, die zu denen im auffallenden komplementär sind (Genaueres s. S. 275). Unter stärksten Vergrößerungen kann man nun nicht nur feststellen, daß benachbarte Glanzplättchen manchmal verschiedene Farben darbieten, sondern auch, daß isolierte Plättchen für sich die Farbe zeigen. Von dieser Tatsache habe ich mich sowohl am lebendfrischen Material als auch an Balsampräparaten schillernder Tiere überzeugt.

Außerordentlich eindrucksvoll bietet sich das entsprechende Verhalten beim auffallenden Licht dar, in welchem die Farben viel stärker sind. Der erforderlichen hohen Vergrößerungen wegen genügt nicht die einfache Betrachtung des Präparates auf undurchsichtiger, dunkler Unterlage oder beim Beschatten des Mikroskopspiegels. Vielmehr muß man zum Opakilluminator greifen, wobei man sich mit Rücksicht auf die feine Struktur des Objektes zweckmäßig des Reflexionsblättchens (nicht -prismas) bedient, das die ganze Objektivöffnung für Beleuchtung und Abbildung zu benutzen gestattet und also

keine Minderung der Auflösung bedingt wie das Reflexionsprisma, das die Hälfte der Öffnung für die Abbildung außer Tätigkeit setzt. Um den störenden Reflex der Deckglasoberfläche zu vermeiden, arbeite man mit Ölimmersionen.

Dieses Verfahren, das ich nur auf Dauerpräparate angewandt habe, gibt äußerst prächtige Bilder und bringt bei hinreichend starker Beleuchtung (Liliputbogenlampe) selbst an solchen Präparaten den Schiller deutlich wieder zum Vorschein, die, makroskopisch betrachtet, nur noch leichte Anzeichen oder gar nichts mehr davon aufweisen. Gerade derartige Präparate, insbesondere von der grob strukturierten *Sapphirina darwinii*, welche die Farbenerscheinungen nicht in der blendendsten Art zeigen, lassen deutlich erkennen, daß jedes Glanzplättchen für sich die Farbe erzeugt: an manchen Stellen bieten die Glanzzellen ein außerordentlich zierliches, an einen mit der Lupe betrachteten Dreifarbendruck erinnerndes Bild dar, indem nebeneinander gelbe, blaue, rote Plättchen liegen. Aber auch vollkommen frei liegende Glanzplättchen, wie in Präparaten der zertrümmerten Glanzschicht oder an Schnittpräparaten durch die Glanzschicht (in denen man in der Nachbarschaft der Schnitte fast stets einzeln herausgerissene Plättchen findet) zeigen diese in verschiedenen Farben aufleuchtend.

Noch lehrreicher aber waren die Beobachtungen im Dunkelfeld („konzentrischer Kondensor" von Leitz, Paraboloidkondensor von Zeiss). Auch hier leuchten die Glanzplättchen farbig, ähnlich wie im auffallenden Licht, und zwar benachbarte oft in verschiedener Farbe auf. Nun findet man bei lebendfrischen Sapphirinen nicht selten Stellen, an denen die Glanzplättchen durch Schädigung des Tieres beim Fang, Auflegen des Deckglases usw. isoliert und in lebhafter Brownscher Molekularbewegung begriffen sind. Dabei blitzen sie bald auf, bald verschwinden sie, was mit ihrer anisodiametrischen Gestalt zusammenhängt. Diese ganz isolierten Glanzplättchen erstrahlen nun, wenigstens kurz nach der Lösung ihres Zusammenhanges in farbigem Licht; nach einiger Zeit aber schwinden die Farben und die Plättchen entsenden

nun weisses Licht. Dieser Vorgang tritt sogleich ein, wenn die Glanzschicht mit Süßwasser in Berührung kommt; wie alsdann für das unbewaffnete Auge der Farbenschiller erlischt, so sieht man im Dunkelfeld die zuerst farbig leuchtende Glanzschicht oder ihre frei tanzenden Teilchen plötzlich die Farben verlieren und stärkeres weißes Licht aussenden[1]).

Diese Beobachtungen lehren, daß freilich bei dem Erlöschen des Glanzes durch die Einwirkung von Süßwasser nichts an der Totalstruktur der Glanzschicht oder dem mikroskopisch wahrnehmbaren Bau ihrer Plättchen geändert wird. Daß aber irgend eine submikroskopische Änderung durch das Süßwasser an den Glanzplättchen hervorgerufen wird, ist nach dem Farbumschlag der Plättchen gewiß. Denn das Süßwasser kann unmöglich durch einfache Berührung eines Guaninteilchens sein Beugungsvermögen in der geschilderten Art ändern, vielmehr muß es in die Teilchen eindringen und dort eine Strukturänderung verursachten. So weisen diese Beobachtungen ebenso wie die Färbbarkeit der Plättchen auf ihr Imbibitionsvermögen hin. Demnach möchte ich die beschriebene Erscheinung so deuten, daß das farbige Licht von einer inneren, submikroskopischen Struktur des Plättchens abgebeugt wird, nach Einwirkung des Süßwassers aber das weiße Licht von der Oberfläche des Plättchens.

Aus der Gesamtheit der mitgeteilten Befunde im Hellfeld, Dunkelfeld und mittels des Opakilluminators ziehen wir also den Schluss, daß die Glanzplättchen die Träger des charakteristischen Schillers sind und daß diese Farbenerscheinungen an eine gewisse submikroskopische Unversehrtheit dieser Plättchen geknüpft sind. Zu demselben Ergebnis werden wir auch noch auf einem anderen, von dem bisher beschrittenen unabhängigen Wege gelangen (s. S. 277).

1) Übrigens macht sich bei Zusatz von Süßwasser zu einer lebenden *Sapphirina* (abgesehen vom Erlöschen des Farbenschillers) auch eine makroskopisch wahrnehmbare Änderung der Glanzschicht merklich: die zuvor glasartig durchsichtige Glanzschicht ist nun leicht weißlich trüb.

Es erhebt sich nun die weitere Frage, auf welche Art die Glanzplättchen den Schiller erzeugen[1]). Da sie in gewissen Durchblicksrichtungen beim lebenden Tier vollkommen glashell erscheinen, auch unter dem Einfluß bestimmter Reagentien, denen man eine chemische Wirkung auf das Guanin nicht zuschreiben kann, für alle Durchblicksrichtungen, durchaus farblos werden, da ferner das Guanin als farblose Verbindung bekannt ist, so ist schon damit eine Entstehung der Farbphänomene durch Absorption bzw. selektive Reflexion, d. h. als sogenannte „Pigmentfarben", ausgeschlossen, was ja auch bisher niemand angenommen hat. Eher könnte man an die metallischen „Oberflächenfarben" denken, wie sie z. B. dem Fuchsin (grün bei auffallendem Licht) in so hervorragendem Maße eigentümlich sind; da aber Körper mit Oberflächenfarben, im durchfallenden Licht stark und selektiv absorbieren, so scheiden auch diese Farben gemäß dem vorhin Gesagten für den Schiller der Sapphirinen aus. Um „Farben trüber Medien" kann es sich auch nicht handeln, weil die Erscheinungen bei *Sapphirina* dafür viel zu glänzend sind, auch die Farbe trüber Medien — im Gegensatz zu unserem Objekt — keine Abhängigkeit der Wellenlänge vom Einfallswinkel besitzt und im auffallenden Licht stets blau, im durchfallenden stets rötlich erscheint. Somit bleiben nur noch Interferenzfarben, seien es Gitterfarben oder Farben dünner Blättchen, zur Erklärung übrig.

Sofern man bei dem Gitter an die „Pleurosigmastruktur" denkt, lassen sich bei *Sapphirina* Gitterfarben schon auf Grund verschiedener mitgeteilter Tatsachen ausschließen. Denn es wurde ja bereits gezeigt, daß der Schiller nicht an die ungestörte Anordnung der Glanzplättchen, sondern an jedes einzelne geknüpft ist. Es mag ferner daran erinnert werden, daß die prachtvoll metallisch glänzende Furka

---

1) Vgl. hierzu den „Überblick über die Physik der Farben" in F. Süffert, Morphologie und Optik der Schmetterlingsschuppen, insbesondere die Schillerfarben der Schmetterlinge, in Z. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere. Bd. 1 (1924), S. 171.

von *Sapphirina darwinii* keine Spur einer „Pleurosigmastruktur" oder überhaupt einer regelmäßigen Anordnung ihrer Teilchen darbietet. Man kann aber auch leicht die Gitterfarben, welche die „Pleurosigmastruktur" hervorruft, von dem charakteristischen Schiller unterscheiden. Wenn nämlich eine *Sapphirina* eingestellt ist, die nicht schillert, so nimmt man bei enger Kondensoriris im Öffnungsbild des Objektivs (Hellfeld) nur die sechs von der Pleurosigmastruktur herrührenden Spektren, bzw. den Spektrenring (s. S. 244) wahr; beobachtet man aber in derselben Weise bei einer schillernden *Sapphirina*, so erscheint außerdem die Objektivöffnung von diffusem, blauem oder grünem Licht erfüllt. Da die Beugungswirkung des „Pleurosigmagitters" bei *Sapphirina* selbst an Balsampräparaten äußerst kräftig ist, also bei der größeren Differenz der Brechungsindizes von Glanzplättchen und Zwischenmasse beim lebenden Tier noch mehr zur Geltung kommt, so ist eine gewisse Beteiligung desselben an den Farbenerscheinungen der Sapphirinen vielleicht nicht ganz von der Hand zu weisen. Dabei ist aber auch nicht zu vergessen, daß die Beugungswirkung im Mikroskop unter besonders günstigen Bedingungen — gleichzeitiges Überschauen verschiedener Richtungen, Sonderung des abgebeugten vom nicht abgebeugten Licht — zur Geltung kommt, während die natürlichen Verhältnisse — Mangel einer begrenzten Lichtquelle — mehr denen gleichen, wie sie bei weit geöffneter Kondensor-Irisblende im Öffnungsbild des Objektivs eintreten, wobei die verschiedenen Beugungsspektren sich gegenseitig und mit dem unabgebeugten Licht überlagern, so daß eine Vermischung zu weiß statthat.

Es käme also nun darauf an, zu entscheiden, ob die einzelnen Glanzplättchen das Farbenspiel durch Gitterbeugung oder nach Art dünner Blättchen erzeugen. Da die hier wirksamen Strukturen gemäß der oben mitgeteilten Beobachtung im Dunkelfeld submikroskopischer Größenordnung sind, so kann weder unmittelbar etwas über die Struktur des Gitters oder die Lage der reflektierenden Blättchen gesagt werden, noch etwa aus zu großer Dicke der Glanzplättchen

als ganzes (vgl. Ambronn S. 232) der Schluß gezogen werden, daß das Glanzplättchen nicht als dünne Lamelle wirke. Diese Frage läßt sich nur mehr an Hand der Farbenerscheinungen selbst beurteilen.

Die Charakteristika der Gitterfarben sind nun u. a. folgende: 1. Sie werden wahrgenommen, wenn das Auge sich außerhalb der Einfallsrichtung (Versuchsanstellung im durchfallenden Licht), bzw. der Reflexionsrichtung des Lichtes (Versuchsanstellung im auffallenden Licht) befindet; denn in der Einfalls- bzw. Reflexionsrichtung sieht man das ungebeugte weiße Licht. 2. Wenn das Auge sich aus der Einfallsrichtung bzw. Reflexionsrichtung allmählich und zwar senkrecht zu den Gitterspalten nach der einen oder anderen Seite herausbewegt, so erscheinen die Spektralfarben in der Reihenfolge von violett nach rot und zwar in mehrfacher Aufeinanderfolge (Spektren I O, II O usw.). 3. Wird ein durchsichtiges Gitter (etwa Glasgitter) in Flüssigkeiten von verschiedenem Brechungsindex getaucht, so ändert sich die charakteristische Farbfolge nicht; dagegen nimmt die Intensität des abgebeugten Lichtes ab, in dem Maße wie der Brechungsindex des Gitters und der Flüssigkeit sich annähern; die Gitterwirkung erlischt, d. h. die Farben verschwinden ganz, wenn Gitter und Flüssigkeit gleichen Brechungsindex haben.

Die Kennzeichen der Farben dünner Blättchen aber sind folgende, wenn vor allem auf die Unterscheidung von Gitterfarben Rücksicht genommen wird.

1. Die Farben sind gerade in der Einfalls- (bei Durchsicht) bezw. Reflexionsrichtung (bei Aufsicht) zu sehen. 2. Die Farben folgen nicht in spektraler Reihe, sondern in der Newtonschen Skala aufeinander und zwar in fallender Reihenfolge (Richtung nach dem Zentrum der Newtonschen Ringe), wenn man den Einfallswinkel des Lichtes vergrößert. 3. Die Farben im auffallenden und durchfallenden Licht sind komplementär; im letzten sind sie aber viel schwächer und an einem einzelnen Blättchen überhaupt nicht sichtbar[1]), wohl

1) Vgl. bei Th. Elsässer, Die Struktur schillernder Federn, Journal für Ornithologie Bd. 73, 1925, S. 337 (s. S. 344 – 345).

aber wenn mehrere dünne Blättchen, durch ein Zwischenmedium getrennt, übereinander liegen. Süffert (a. a. O. vgl. S. 236 f. und 239 f.) hat auf Grund elementar-physikalischer Überlegungen gezeigt, daß bei einem solchen System die Farbfolge der niedrigsten Ordnung Ähnlichkeit mit der II. und III. Ordnung der Newton-Skala bekommt; die Einzelschichten an sich geben sehr blasse Töne, so daß die eigentliche Farberzeugung durch die Periodizität bedingt ist. „Die Farbe einer periodischen Struktur von zwei Medien wird allein durch die Größe der Periode[1]) bestimmt, die Intensität der Farbe durch das Dickenverhältnis beider Schichtarten. Handelt es sich um Schichtdicken, die einzeln Farben I. Ordnung ergeben, so kann dieses Verhältnis in weiten Grenzen variirt werden, ohne daß eine wesentliche Intensitätsänderung der Farbe hervorgerufen wird . . . . Wenn die eine Schichtart annähernd ein Weiß I. Ordnung erzeugt, so kann die Dicke der anderen Schichtart und damit die Periodendicke beliebig variiert werden. Es wird vom Gesamtsystem stets die Farbe, die der Periodengröße entspricht, in annähernd gleicher Intensität erzeugt werden.“ 4. Beim Eintauchen eines dünnen Blättchens in Flüssigkeiten von verschiedenem Brechungsindex, bleibt die ursprüngliche Farbe erhalten. Tritt aber bei einem Lamellensystem der oben besprochenen Zusammensetzung an Stelle der einen Art von Lamellen die Flüssigkeit, so sinken die Newtonschen Farben mit steigendem Brechungsindex. Erreicht die Flüssigkeit den Brechungsindex des Blättchens bezw. wird einer der Komponenten im Lamellensatz der gleiche Brechungsindex erteilt wie der anderen, so erlöschen die Farben. —

Ehe man in eine Diskussion darüber eintreten kann, ob gemäß dem Verhalten der Farben der Schiller der Sapphirinen durch eine Gitter- oder eine Dünnblattstruktur der Glanzplättchen hervorgerufen wird, muß man sich zu einer Annahme betreffs der Lage der Gitterspalte bezw. der Ebene der dünnen Blättchen entschließen. Während nun im Hin-

1) D. h. die Summe der Dicken von je einer Lamelle des einen und des andern Mediums.

blick auf die plattige Gestalt der Glanzelemente eine submikroskopische Lamellierung der Glanzplättchen parallel ihrer Oberfläche als die nächst liegende, ja im Hinblick auf genügende Ausdehnung der spiegelnden Fläche als einzig gegebene erscheint, fehlen jegliche morphologische Anhaltspunkte für eine bevorzugte Möglichkeit der Lage der Gitterspalte. Da ein vollkommen ebenes, wagerecht liegendes Stück der Glanzschicht bei geeigneter Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtung unter allen Azimuten (d. h. also bei Drehung in der Horizontalebene) den Schiller darbietet, so wäre eine einheitliche Lage der Gitterspalte in der Ebene der Glanzschicht (etwa parallel oder quer zur Länge des Körpers) bereits ausgeschlossen, vielmehr müssten und zwar schon in den einzelnen Plättchen die Spalte sehr verschiedene Richtung einhalten (etwa vergleichbar dem wechselnden Verlauf der Liniensysteme in den verschiedenen Feldern einer Glanzzelle). Eine derartige Struktur ist aber schwer vorstellbar, und so weist schon diese Überlegung mehr in Richtung einer Lamellen- als einer Gitterstruktur.

Die Erscheinungen bei *Sapphirina* werden dadurch kompliziert, daß die schillernde Rückenfläche des Tieres nicht eben ist, sondern nach den Thoraxseiten zu erheblich, ebenso am Vorderrand des Kopfes, in kaudaler Richtung aber am Rumpfe langsamer abfällt. Damit hängen die von Giesbrecht (s. S. 233) beschriebenen Verhältnisse zusammen, daß der Glanz eines eben liegenden Tieres am stärksten erscheint, wenn das Tier sein Hinterende der Lichtquelle zukehrt, schwach dagegen in umgekehrter Stellung und wenn eine Flanke des Tieres dem Licht zugewendet ist. Schon an Dauerpräparaten, an welchen die Tiere erheblich zusammenfallen, flacher werden, treten diese Erscheinungen zurück und kleineren Stücken der Glanzschicht fehlen sie. Sie sind also in der Körperform und nicht in einer dimensional verschiedenen Struktur der Glanzschicht bedingt, weshalb wir sie im folgenden nicht weiter berücksichtigen.

Versuchen wir zunächst zu entscheiden, ob der Schiller der Sapphirinen in der Reflexions-, bezw. Durchsichtsrich-

tung (Dünnblatt!) oder außerhalb derselben (Gitter!) wahrzunehmen ist. Legt man eine mit Alkohol befeuchtete konservierte[1]) *Sapphirina* horizontal auf eine mattierte schwarze Glasplatte und benutzt eine kleine gut definierte Lichtquelle (Glühlampe) im dunklen Zimmer, so erscheint das Tier in solcher Lage farbig, wenn zugleich der Reflex der Unterlage in der benetzten Umgebung des Objektes erkennbar ist. Insbesondere bei grösserer Lichtquelle (Fenster) aber sieht man auch Farben außerhalb der zu erwartenden Refexrichtung. Diese letzte Erscheinung, welche den sicheren Entscheid zwischen Gitter und Dünnblatt auf diesem Wege sehr beeinträchtigt, dürfte wohl darauf zurückzuführen sein, dass — bei konservierten Tieren — die Glanzschicht, abgesehen von der Wölbung des Körpers, nicht eben, sondern vielfach geknittert ist; dann würden aber bei ein und derselben allgemeinen Einfallsrichtung verschiedene Reflexionsrichtungen bestehen. Aber auch der Umstand, daß man im Opakilluminator, bei dem beleuchtende und reflektierte Strahlen ungefähr gleiche Richtung einhalten, die Farben wahrnimmt, zeigt, die sie in der Reflexionsrichtung erscheinen, also Dünnblattfarben sind.

In Durchsicht (bei der für ein Dünnblatt Einfalls- und Beobachtungsrichtung des farbigen Lichtes zusammenfallen) erscheinen wie bereits öfter erwähnt, recht kräftige, insbesondere gelbe, rote, weniger blaue Farben, die komplementär zu denen im auffallenden Licht sind. Diese Erscheinungen, welche mit einem Gitter unvereinbar sind, sprechen für Dünnblattstruktur und zwar bei der Intensität der Farben für Lamellenschichtung. Von dem komplementären Verhalten der Farberscheinungen in Durchsicht und Aufsicht, das bereits Ambronn (s. S. 231) erkannt hat, kann man sich durch Vergleichen einer Stelle nach einander bei beiden Beleuchtungsarten leicht überzeugen. Dabei fällt bei *Sapphirina ovatolanceolata* auf, daß das in Aufsicht mehr grünliche Abdomen überwiegend Rot in Durchsicht darbietet, während der

1) Alle Versuche habe ich an konserviertem Material angestellt.

im auffallenden Licht mehr blaue Cephalothorax vorwiegend gelb im durchfallenden ist.

Es gelingt aber auch leicht, durch gleichzeitige Beleuchtung mit auffallendem und durchfallendem Licht die Farben zum Verschwinden zu bringen, d. h die komplementären Anteile zu weiß zu vereinen. Man braucht dazu nur eine beliebige Stelle der Glanzschicht mit dem Opakilluminator zu beleuchten und dann noch den Spiegel des Mikroskopes in Tätigkeit zu setzen. Sorgt man dafür, daß die Intensität des auffallenden bezw. reflektierten Lichtes zu dem des durchgelassenen richtig abgestuft ist, so erscheint die Stelle der Glanzschicht fast farblos, in perlmutterartigem Weiß. Bei solcher Versuchsanstellung kann man durch abwechselndes Einschalten eines schwarzen Kartons vor die Lichtquelle des Opakilluminators oder den Spiegel des Mikroskops sich rasch nacheinander den Effekt in Durchsicht, Aufsicht und, durch Weglassen des Kartons, bei vereinter Beleuchtung vorführen.

Bei Vergrößerung des Einfallswinkels des Lichtes, wie man ihn erzielt, wenn man eine *Sapphirina* bei oben genannter Versuchsanstellung um ihre (von rechts nach links inbezug auf den Beschauer verlaufende) Querachse dreht, wobei durch Benutzung einer schwachen Binokularlupe (Leitz „Präparierlupe mit großem Sehfeld") der Blick des Beobachters in ein und derselben Richtung festgehalten wird, sieht man die Farben die Reihe grün, blau, violett, undeutlich rot durchlaufen. Offenbar handelt es sich hier um einen Ausschnitt der Newton-Skala (einen Übergang aus einer Ordnung in die nächst folgende tiefere), wie vor allem aus dem Aneinandergrenzen von violett an rot (im Gegensatz zur spektralen Farbfolge!) geschlossen werden muß. Diese Beobachtung steht auch in Übereinklang mit der Ambronnschen Angabe (s. S. 231), daß bei zunehmendem Einfallswinkel die Farbfolge blau, indigo, violett, rot, orange, gelb erscheint, die einen etwas tiefer reichenden Abschnitt der Newtonschen Reihe umfaßt. Mir ist es (am konservierten Material) nicht gelungen, mit unbewaffnetem Auge, orange und gelb unter den reflektierten Farben wahrzunehmen. Daß aber solche Farben bei auffallen-

dem Licht erscheinen können, ergab mir die Beobachtung mit dem Opakilluminator, bei der ich unter dem Mikroskop außer grün, blau, violett, rot, auch orange und messinggelb sah. Die Art der Farbfolge im auffallenden Licht bei zunehmendem Einfallswinkel entspricht also, wie bereits Ambronn vermerkt, dem Verhalten dünner Blättchen.

Es bleibt nun noch der Imbibitionsversuch mit Flüssigkeiten von verschiedenem Brechungsindex. Führt man mit Erhaltung des Schillers konservierte Tiere aus absolutem Alkohol ($n = 1.33$) in Xylol ($n = 1.49$), aus diesem in Zimtöl ($n = 1.6$) über, so beobachtet man besonders im durchfallenden Licht, daß die Farben mit der Steigerung des Brechungsindex der Flüssigkeit immer matter werden. Bei Überführen (aus Xylol) in schwefelgesättigte Lösung von Methylenjodid, die (s. S. 259) ungefähr den gleichen Brechungsindex wie die Glanzplättchen hat, verschwindet der Schiller für die Betrachtung mit unbewaffnetem Auge ganz und auch im durchfallenden Licht die Farben unter dem Mikroskop. Bei Anwendung des Opakilluminators lassen sich allerdings im auffallenden Licht noch Schillerfarben wahrnehmen, aber sehr matt; offenbar erfolgt also der Ausgleich des Brechungsindex von Glanzplättchen und Imbibitionsflüssigkeit nur annähernd. Beim Auswaschen des Methylenjodids durch Xylol kehrt der Schiller wieder.

Aus dieser Tatsache ergibt sich zunächst ein neuer Hinweis darauf, daß die Glanzplättchen wesentlich an der Entstehung des Schillers beteiligt sind, ferner aber werden auch mit Sicherheit Oberflächenfarben als Grundlage der Erscheinungen ausgeschlossen. Ein Entscheid zwischen geschichteter Dünnblatt- und Gitterstruktur, ließe sich nun darnach fällen, ob das Erlöschen der Farbe ohne Änderung der Wellenlänge (Gitter) oder mit solcher (geschichtetes Dünnblatt) geschieht. In zahlreichen Versuchen, die ich derart anstellte, dass ich die Objekte in schwefelgesättigtes Methylenjodid überführte, unter dem Opakilluminator einstellte und dann am Rand des Deckglases tropfenweise Xylol zufügte und so den Brechungsindex des Imbibitionsmittels schrittweise senkte, konnte ich nichts

von dem zu erwartenden Wechsel der Farbe in steigender Richtung der Newtonskala (s. S. 273) wahrnehmen, vielmehr schien es mir eher, als ob die Farbe mit abnehmendem Brechungsindex der Flüssigkeit sänke.

Ich muß noch kurz einer Erscheinung gedenken, die man bei dem Imbibitionsversuch mit Methylenjodid öfter wahrnimmt, weil sie, obwohl nicht von der Glanzschicht abhängig, doch einen Beobachter, der den geschilderten Versuch nachprüft, irreleiten könnte. Man sieht nämlich nicht selten bei Opakilluminatorbeobachtung über der Glanzschicht (d. h. gegen die Cuticula hin) unregelmäßig konzentrische Systeme von Streifen auftreten, welche die Newtonsche Farbfolge durch mehrere Ordnungen hin darbieten, ähnlich wie die schillernden Ölhäutchen auf Wasser. An der freiliegenden, von der Chitinlamelle isolierten Glanzschicht kommen diese Erscheinungen nie zum Vorschein. Es handelt sich wahrscheinlich um die Wirkung einer dünnen Flüssigkeitslamelle zwischen zwei Schichten der Cuticula, oder zwischen Cuticula und Glanzschicht.

Die schillernde Furka von *Sapphirina darwinii* bietet, wie strukturell, so auch bei Imbibitionsversuchen Besonderheiten dar. Für die Betrachtung mit bloßem Auge verschwindet nämlich der Farbenschiller in Aufsicht und die Farbe in Durchsicht, die in Alkohol sehr kräftig ist, bereits bei der Überführung in Balsam oder Zimtöl; mit Opakilluminatorbeleuchtung ist allerdings an Balsampräparaten der Schiller sehr schön zu sehen. Eine Erklärung für diese Erscheinung vermag ich nicht zu geben, da bei der Feinheit der Glanzschicht in der Furka die Erscheinungen hier noch viel schwerer zu verfolgen sind als an Stellen mit deutlich ausgebildeten Glanzplättchen.

Der Umstand, daß verschiedene Stellen des Körpers von *Sapphirina ovatolanceolata* eine vorherrschende Farbe des Schillers zeigen (s. o.), auch nach Literaturangaben verschiedene Sapphirinenarten durch charakteristisches Farbenspiel ausgezeichnet sind (s. S. 232), wird man wohl im Sinne der Erklärung, dass die Farben auf geschichteter Lamellenstruktur

beruhen, auf gesetzmässig verschiedene Dicke der Lamellen bezw. der Periode der Schichtung (s. 273) zurückführen müssen, so daß bei den für den Beschauer günstigsten Beobachtungsrichtungen bestimmte Wellenlängen vorherrschen.

Zusammenfassend kommen wir hinsichtlich der Entstehung der Schillerfarben bei *Sapphirina* zum Ergebnis, daß sie an eine submikroskopische Struktur der Glanzplättchen geknüpft ist, dass es sich sicher nicht um Pigment- oder Oberflächenfarben, auch nicht um Farben trüber Medien handelt. Höchst wahrscheinlich besteht die ultramikroskopische Struktur in einer Lamellierung der Glanzplättchen parallel der Oberfläche, einem Alternieren von Guaninlamellen mit solchen aus einer eiweißhaltigen Flüßigkeit (Protoplasma), was als ein geschichtetes Dünnblattsystem wirkt.

8. Die Änderung des Schillers durch gewisse Reagentien und beim Absterben.

Die jetzt vorliegenden Ergebnisse der Untersuchung klären auch mehr oder minder weit die den Schiller aufhebende Wirkung gewisser Reagentien.

Lösung des Guanins in den Glanzplättchen, wie es durch Säuren, aber auch Färbung eintreten kann (vgl. S. 262), bedeutet unter allen Umständen die Beseitigung der einen, stark lichtbrechenden Komponente des submikroskopischen Lamellensystems und wohl gewöhnlich auch die Zerstörung dieser Feinstruktur überhaupt, da die andere, nicht doppelbrechende Komponente gemäß der leichten Imbibitionsfähigkeit der Plättchen doch nur aus einer sehr lockeren, d. h. beim lebenden Tier wasserreichen Masse bestehen kann. Insofern geht Verlust der Doppelbrechung im allgemeinen mit dem Schwinden des Glanzes Hand in Hand. Höchst eigenartiger Weise beobachtete ich nun bei einer frisch mit Osmiumsäure behandelten, dann mit Zusatz von Glyzerin unter Deckglas längere Zeit eingeschlossenen *Sapphirina ovatolanceolata*, daß die Doppelbrechung und starke Lichtbrechung der Glanzschicht vollkommen geschwunden, der Schiller aber,

wenn auch freilich sehr schwach, erhalten geblieben war. Diesen paradoxen Befund, der mir viel Kopfzerbrechen machte, als ich ihm — noch im Anfang der Untersuchung stehend — begegnete, glaube ich so erklären zu müssen, daß durch geringfügige Säuremengen im Glyzerin eine sehr schonende Entfernung des Guanins aus den Glanzplättchen stattfand, so daß gewissermaßen ein Negativ der ursprünglichen Struktur des Glanzplättchens entstand: nämlich an Stelle des Guanins leere, bezw. von Glyzerin erfüllte Räume, getrennt durch die zweite, infolge der starken Osmiumsäurebehandlung besser als gewöhnlich stabilisierten Komponente. Da aber der Unterschied des Brechungsindex der beiden Komponenten viel geringer ist, als im normal erhaltenen System, so kann der Schiller nicht die gewöhnliche Intensität zeigen.

Das den Glanz beseitigende Süßwasser (und die Essigsäure, s. S. 231, Ambronn) dagegen läßt das Guanin der Glanzplättchen offenbar intakt, wie ja dabei auch die Doppelbrechung ungestört bleibt. Hier kann es sich also nur um eine Veränderung des zweiten „protoplasmatischen" Bestandteiles der Glanzplättchen handeln. Ich möchte nun glauben, dass die Art, wie die verschiedenen Reagentien auf die Kolloide dieses Bestandteiles einwirken, entscheidend wirkt. Solche Reagentien, die stärkere Trübung in der zwischen den submikroskopischen Guaninlamellen befindlichen Masse hervorrufen, beeinträchtigen die optische Homogenität der Plättchen, rufen unregelmässige Beugungserscheinungen in ihnen hervor und beseitigen oder vermindern wenigstens ihr reguläres Reflexionsvermögen. In diesem Sinne scheint mir auch die weißliche Trübung zu sprechen, die man nach Einwirkung der genannten Reagentien makroskopisch an der Glanzschicht feststellen kann. Ferner wurde bereits erwähnt, daß solche Sapphirinen, deren Schiller für das unbewaffnete Auge erloschen ist, als Balsampräparat verarbeitet und mit dem Opakilluminator beleuchtet, noch Anzeichen des Farbenspieles geben. Das würde sich dann so erklären, daß durch die Aufhellung des Präparates die Trübungserscheinungen mehr oder weniger optisch beseitigt und damit die reflektierende Fähigkeit des Glanzplätt-

chens z. T. wieder hergestellt wird. So scheint es denn, als ob die genannten Reagentien den Glanz nicht völlig aufheben, sondern nur stark mindern könnten; doch wären zur sicheren Entscheidung dieser Frage ausgedehntere Beobachtungen anzustellen, als sie mir zur Verfügung stehen.

Leider habe ich die Änderung des Schillers beim Absterben der Tiere (s. S. 232, Giesbrecht) nicht hinreichend verfolgt, um genauere Aufschlüsse darüber geben zu können. Als wahrscheinlich muß es gelten, daß diese Veränderung bezw. das allmähliche Erlöschen der Farbenerscheinungen auf einer autogenen Zustandsänderung der Kolloide in den Glanzplättchen beruht, die durch die mortalen Vorgänge (Säuerung?) ausgelöst wird. Den plötzlichen, in einer Sekunde mehrfach erfolgenden Wechsel der Farbe einer Glanzzelle, wie Gegenbaur (s. S. 229) ihn schildert, habe ich nicht beobachtet und könnte mir nur denken, daß es sich dabei um lokalisierte Lageänderungen der Glanzschicht handelt, wie sie etwa durch Muskelzuckungen hervorgerufen werden und im Sinne unserer Deutungen als Änderung der Reflexionsrichtung aufzufassen wären.

9. Vergleich zwischen den Schillerfarben der Sapphirinen, Schmetterlinge und Vögel.

Durch die trefflichen Untersuchungen von Süffert (a. a. O., s. Anm. 1, S. 270) und Elsässer (a. a. O. s. Anm. 1, S. 272) ist die Entstehung der Schillerfarben der Schmetterlinge bezw. Vögel weitgehend aufgeklärt, so daß es sich verlohnt, die dort gewonnenen Befunde mit denen bei *Sapphirina* in Vergleich zu setzen. Bei den Schillerschuppen der Schmetterlinge, insbesondere beim *Urania*- und *Morpho*typ, handelt es sich um Interferenzfarben, die durch eine mikroskopisch nachweisbare periodische Blättchenstruktur aus Chitin und Luft bedingt worden, wobei freilich im einzelnen der Bau der Schuppen in den beiden Gruppen recht verschieden ist; in den meisten Fällen und stets wenn die Farben kräftig sind, wird die Erscheinung verstärkt durch Anwesenheit eines dunklen, absorbierenden Untergrundes. Bei den schil-

lernden Federn dagegen wird die Farbe nur durch ein einziges dünnes Blättchen erzeugt, das meist unter dem Bereich mikroskopischer Auflösung gelegen, nicht aus Luft, sondern aus fester Substanz, Horn, von dem ungewöhnlich hohen Brechungsindex 1,75 bis 1,8 besteht; der Schiller ist hier immer an einen schwarzen Hintergrund aus Melanin geknüpft; ohne dieses Pigment trat bei den untersuchten Vögeln kein Schiller auf[1]).

Bei den *Sapphirinen* handelt es sich nach unseren Befunden höchst wahrscheinlich um eine submikroskopische periodische Blättchenstruktur; die Verhältnisse nähern sich also denen der Schmetterlinge. Bei Gebilden, die wie die Glanzplättchen im wasserreichen Zellplasma liegen, erscheint aber die dauernde Erhaltung dünner Luftschichten von vornherein ausgeschlossen; so sehen wir hier anstelle der Periode Chitin (n = ca. 1,5) — Luft (n = 1) die Periode Guanin (n = 1,78) — wasserhaltige Masse (n = ca. 1,33) auftreten. Da nun die Intensität des reflektierten Lichtes vom Unterschied der Brechungsindices der Schichten abhängt, so muß notwendigerweise der feste Körper im Lamellensystem der Sapphirinen viel höheren Brechungsindex haben als in der Dünnblattstruktur der Schmetterlinge, wenn noch ein ähnlicher Effekt zustande kommen soll. Damit hängt es ja auch zusammen, daß die optische Homogenisierung des Lamellensystems bei den Schmetterlingsschuppen bereits mit den Medien erreicht werden kann, die in der mikroskopischen Technik allgemein als aufhellend bekannt sind (Xylol, Balsam), und daß schon das Überführen der Schuppen aus Luft in Alkohol eine erhebliche Änderung der Schuppenfarbe nach sich zieht. Bei dem überraschend hohen Brechungsindex des Guanins dagegen wirkt Überführung aus Wasser in Alkohol und Xylol im auffallenden Licht, ja im durchfallenden kaum merklich; erst wenn man zu den Flüs-

1) Vgl. hierzu auch B. Rensch, Untersuchungen zur Phylogenese der Schillerstruktur. Journ. f. Ornithologie Bd. 73, S. 127—147, 1925.

sigkeiten mit ungewöhnlich hohem Brechungsindex greift, wie sie dem Biologen im allgemeinen nicht zur Hand sind, macht sich die optische Homogenisierung der Struktur geltend. Daher blieb diese Möglichkeit bei *Sapphirina* auch bis jetzt allen Beobachtern verborgen. Hervorzuheben ist noch, daß ein schwarzer Hintergrund der reflektierenden Schicht, wie er bei Vögeln stets, bei Schmetterlingen oft gegeben ist, fehlt und daher die Tiere außerhalb der Reflexionsrichtung glasklar erscheinen. Das Reflexionsvermögen der Glanzplättchen ist aber so stark, daß die Sapphirinen sich trotzdem an Glanz der Schillerfarben mit Vögeln und Schmetterlingen messen können.

II. Bemerkungen über Erzeugung von Strukturfarben durch Guanin bei anderen Tieren.

Guanin bezw. Verbindungen desselben sind im Tierreich weit verbreitete Stoffe, die in den Exkreten vieler Wirbelloser z. B. Coelenteraten *(Porpita)*, Trematoden (*Distoma hystrix*), Capitelliden, Muscheln, Schnecken, Crustaceen und insbesondere Spinnen[1]) auftreten, aber auch in der Haut (ferner im Peritonaeum) der Fische, Amphibien, Reptilien[2]) fast ausnahmslos und gewöhnlich reichlich in bestimmten bindegewebigen Zellen (Guanophoren) vorkommen und sich sehr wesentlich an der Entstehung des Farbkleides beteiligen. Auf einen Zusammenhang zwischen Exkret und Farbenkleid weist dabei deutlich Eisigs[3]) Entdeckung hin, daß bei den Capitelliden die gelben Exkretbläschen und Konkretionen aus den Nephridien nicht nach außen, sondern in die Haut hinein

1) Vgl. v. Fürth, Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere. Jena 1903.

2) Vgl. W. J. Schmidt, Die Chromatophoren der Reptilienhaut, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 90 (1917) S. 98.). Über das Verhalten der verschiedenartigen Chromatophoren beim Farbenwechsel des Laubfrosches, ebendort. Bd. 93 (1920) S. 414); ferner befreffs Fische J. Millot a. a. O (s. S. 262, Anm. 3), weiter zahlreiche Arbeiten von Ballowitz, Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. 106, 1913, ebendort 110, 1914, Arch. f. Zellforschg. Bd. 14, 1915, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 93, 1920.

3) Capitelliden, Fauna u. Flora des Golfs von Neapel 1887.

entleert werden und sich in dieser so verbreiten, daß eine gelbe Färbung des Tieres zustande kommt.

Das Guanin als farblose Substanz kann natürlich nur Strukturfarben erzeugen, ist kein eigentliches Pigment. Dabei muß man unterscheiden zwischen drei Fällen. Erstens kann das Guanin mäßig zerteilt und dicht gehäuft, aber regellos gelagert als stark lichtbrechender Körper diffuse Reflexion (mattes Weiß) bedingen (Beispiel weiße Bauchseite der Fische). Zweitens kann es in feiner Zerteilung und dichter Lagerung zusammen mit der trennenden Zwischenmasse (Portoplasma) als trübes Medium wirken, das im auffallenden Licht mattes Blau ergibt, vor allem, wenn eine dunkle Unterlage (schwarzes Pigment) das durchfallende Licht beseitigt. Diese Verhältnisse bedingen zusammen mit übergelagertem gelben Pigment (Lipochrom) die grüne Farbe bei Amphibien und Reptilien. Drittens können, wie bei *Sapphirina*, die Guaninteilchen bestimmte Lagerung und Form besitzen und Metallglanz bezw. Schillerfarben hervorrufen. Übergänge zwischen den drei Fällen sind denkbar und verwirklicht.

Ein Fall von Erzeugung diffuser weißer Farbe durch Guanin bei Wirbellosen sind vielleicht die weißen Chromatophoren der Crustaceen. Freilich gibt Doflein[1]) an, daß die stark lichtbrechenden, in dicker Packung fast undurchsichtigen, sehr feinkörnigen Einschlüsse dieser Zellen optisch isotrop seien; jedoch ist das nach meinen Prüfungen an den weißen Chromatophoren von Garnelen und Flußkrebsen nicht zutreffend. Vielmehr handelt es sich um eine stark lichtbrechende und doppelbrechende Masse. Wenn die Doppelbrechung bisher übersehen wurde, so liegt es wohl daran, daß die dicht gelegenen Körnchen wegen ihres starken Reflexionsvermögens sehr wenig Licht durchlassen. An einzelnen Körnchen aber erkennt man bei hinreichender Vergrößerung die Doppelbrechung leicht, die von ähnlicher

1) Lebensgewohnheiten und Anpassungen bei dekapoden, Krebsen, Festschr. f. R. Hertwig. Bd. III Jena 1910.

Stärke wie die des Guanins ist, sodaß der Verdacht auf diese Substanz gegeben erscheint.

Ein Beispiel für die Erzeugung irisierender Farben, bei Wirbellosen durch Guanin, das in manchen Punkten sehr an das bei *Sapphirina* Festgestellte erinnert, ist das Tapetum im Auge von *Pecten*. Eine von Herrn Schlicher[1]) durchgeführte Untersuchung ergab, daß es aus intrazellulären, quadratischen, parkettartig geordneten, mehrfach übereinandergeschichteten Plättchen besteht, die stark negativ einachsig doppelbrechend sind — optische Achse normal zur Fläche der Plättchen. Die Brechungsindices dieser Gebilde stimmen mit den Glanzplättchen bei *Sapphirina* überein; ebenso wurde aus den Plättchen von *Pecten* das charakteristische Guaninchlorid erhalten. Da aber die Plättchen bei *Pecten* viel größer sind als bei *Sapphirina*, ist hier von vorn herein ausgeschlossen, daß das Irisieren der Augen eine Folge der regelmäßigen parkettartigen Anordnung der Plättchen (Gitterwirkung) wäre, vielmehr ergibt sich die berechtigte Vermutung, daß gerade so wie bei *Sapphirina* die farberzeugende Struktur submikroskopisch ist.

Ein Fall von Strukturblau bedingt durch Guanin bei Wirbellosen ist mir nicht bekannt.

Wenden wir uns nun den Verhältnissen bei den Wirbeltieren zu.

Bei den Fischen treten die Fälle regellos gelagerten Guanins, in denen durch diffuse Reflexion körniger Massen mattes Weiß erzeugt wird, (z. B. bei *Petromyzon*, Haien) zurück gegenüber solchen, in denen bestimmt gelagerte Guanintäfelchen sehr brillante Farbeneffekte hervorbringen. Ballowitz hat in zahlreichen Arbeiten (s. S. 283 Anm. 2) die wunderbaren gesetzmäßigen Vereinigungen der „Iridocyten“ mit den schwarzen und farbigen Pigmentzellen beschrieben. Diese Verhältnisse eignen sich aber weniger zu einer physikalischen Analyse der Farbenerscheinungen als die dichte

1) Das Tapetum im Auge von *Pecten*, s. den vorlieg. Band dieser Zeitschrift.

flächenhafte Anordnung von Guanophoren, die als Stratum argenteum bekannt ist und den Silberglanz (mit rotem Lipochrom überlagert auch Goldglanz) der Fische bedingt.

Ehe wir auf diese Dinge näher eingehen, seien die bisherigen Angaben über das optische Verhalten des Guanins bei Fischen besprochen. J. Millot a. a. O. (s. S. 262, Anmerkung 3) teilt mit, daß die Guaninkristalle der Fische in der Mehrzahl einfachbrechend seien, also zum regulären System gehörten; nur bei gewissen Arten, wie bei *Zeus faber* und den Lophobranchiern finde man stark doppelbrechende und also einem andern System zugehörige Kristalle.

Die Angabe, daß die Guaninkristalle der Fische meist optisch isotrop seien, die mit allem, was wir sonst über das Guanin in Erfahrung gebracht haben, in Widerspruch steht, kann ich nicht bestätigen. Vielmehr fand ich bei allen von mir vorgenommenen Fischen (z. B. *Petromyzon*, *Lucioperca*, verschiedene Cypriniden) das Guanin stark doppelbrechend, wie denn auch schon der erste Untersucher, welcher sich mit dem Metallglanz der Fische genauer abgab, v. Wittich[1]) diese Feststellung machte. Freilich kann man oft flachliegende quadratzentimetergroße Stücke des Stratum argenteum auf dem Tisch des Polarisationsmikroskops drehen, ohne daß sie in irgend einer Stellung erheblich aufleuchten; aber überall, wo das Stratum argenteum Falten bildet, nimmt man starke Doppelbrechung wahr. Wie wir noch sehen werden, erklärt sich diese Erscheinung daraus, daß ebenso wie bei *Sapphirina* und *Pecten* die optische Achse normal zur Fläche der Täfelchen geht, also bei flach liegenden Guaninplättchen zwischen gekreuzten Nikols (orthoskopisch) kein Aufleuchten möglich ist. Millots Angabe kann ich mir nur erklären, daß er durch diesen Umstand getäuscht wurde.

P. Krüger und Hedwig Kern[2]) haben unter der Mithilfe von Braß den Brechungsindex des Guanins beim

1) Über den Metallglanz der Fische, Müller's Arch. 1854, S. 265.

2) Die physikalische und physiologische Bedeutung des Pigmentes bei Amphibien und Reptilien, Pflügers Arch. Bd. 202 (1924) S. 121.

Barsch mittels der Becke'schen Linie (Umhüllungsverfahren) zu 1,46 bezw. 1,5 bestimmt. Von der Doppelbrechung des Guanins ist an dieser Stelle keine Rede, so daß es ungewiß bleibt, ob dieser Wert, der auch weiteren Folgerungen a. a. O. zugrunde gelegt wird, ein Mittelwert oder aber etwa n_ε ist. Nun läßt sich aber bereits an Balsampräparaten (z. B. von *Lucioperca)* mit flach liegenden Guanintäfelchen ohne weiteres erkennen, daß n_ω erheblich über dem Brechungsindex des Kanadabalsams (1,54) liegt. Und eine genauere Bestimmung

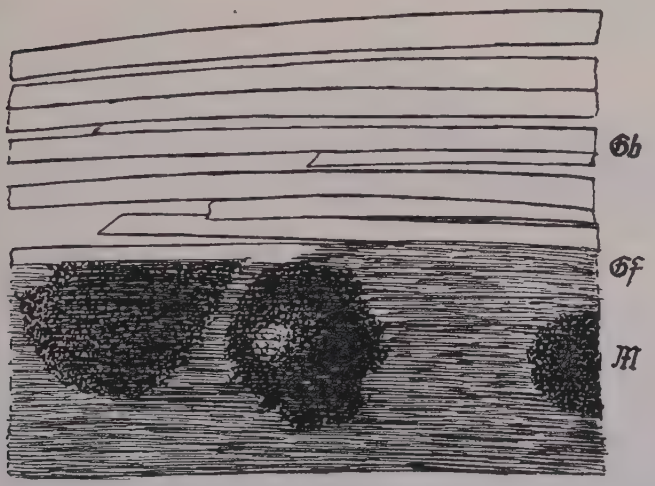


Abb. 10.

Stratum argenteum des Kiemendeckels von *Argyropelecus hemigymnus* von unten her gesehen. M Melanophoren, Gf Guaninfasern (in tieferer Ebene gelegen), Gb Guaninbänder (noch tiefer gelegen, die darüber befindlichen Guaninfasern beseitigt). Vergr. 330 : 1.

der Hauptbrechungsindices, die ich an den Guaninbändern von *Argyropelecus* vornahm (s. u.), ergab Werte von derselben Größenordnung wie in allen bisher besprochenen Fällen.

Ein ausgezeichnetes Objekt zum Studium der Farbentstehung durch Guaninlamellen bietet der Hinterrand des Kiemendeckels von *Argyropelecus hemigymnus* dar, der fast gleichmäßig wie ein Spiegel in bläulichem Silberglanz

erstrahlt. Das Stratum argenteum befindet sich hier auf der Innenfläche des Kiemendeckels, kommt also durch die freilich sehr dünne Knochenlamelle desselben hindurch zur Wirkung. Es besteht aus drei Lagen, die in Abb. 10 in Flächenansicht von unten her, in Abb. 11 im Querschnitt (senkrecht zu den Fasern und Bändern) dargestellt sind. Zu unterst finden sich stark abgeplattete, ziemlich locker gelegene Melanophoren (M), darüber eine dicke Schicht gerader, parallel geordneter, im Querschnitt unregelmäßig rundlicher, etwa 2 μ dicker und über 0,5 cm langer Guaninfasern (Gf), dann eine mehrfache Schicht ebenso langer, platter, bis 20 μ breiter, aber sehr dünner (schätzungsweise 0,2 bis 0,3 μ dicker) Guaningebilde, die ich als Guaninbänder (Gb) bezeichnen will. Diese Bänder zeigen unter mechanischer Einwirkung Neigung zur Längszerspaltung und müssen, da sie trotz ihrer geringer Dicke abblättern können, lamellösen Aufbau besitzen.

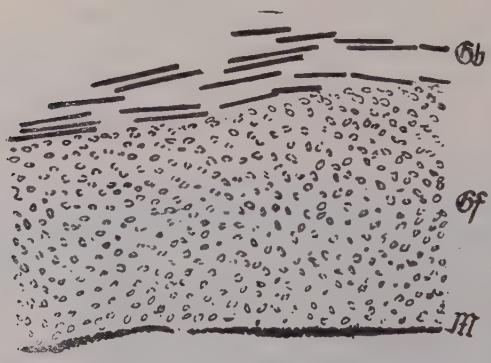


Abb. 11.

Querschnitt durch das Stratum argenteum des Kiemendeckels von *Argyropelecus hemigymnus*. M Melanophoren, Gf Querschnitte der Guaninfasern, Gb Querschnitte der Guaninbänder (darüber folgt die nicht dargestellte Knochenlamelle des Kiemendeckels). Vergr. 1500 : 1.

Weder die Fasern noch die Bänder können als Kristallindividuen aus Guanin gelten; denn sie lassen sich imbibieren und gehen überdies, wie man sich an ihren natürlichen Enden überzeugen kann, aus der Verschmelzung reihenweise hinter einander gelegener Guaninstäbchen oder -fasern hervor; trotzdem löschen sie zwischen gekreuzten Nikols (in Kantenansicht) sehr gleichmäßig aus. Bei der Länge der fertigen Fasern und Bänder kann es sich natürlich nicht um Erzeugnisse einer einzelnen Zelle handeln; vielmehr liegt die Annahme

nahe, daß die Guaninmassen benachbarter Bildungszellen, wie bereits angegeben, miteinander verschmelzen.

Man kann das Argenteum von der Knochenlage abziehen und für sich untersuchen. Liegt es gut eben dem Objektträger auf, so beobachtet man zwischen gekreuzten Nikols bei Drehung des Tisches kaum Aufhellung. Konoskopisch (nach Ausheben des Okulars) aber nimmt man ein Achsenbild wahr, das an ganz ungestörten Stellen der Schicht als dunkles Kreuz in der Objektivöffnung erscheint, dessen Mittelpunkt zentrisch liegt und dessen Arme den Schwingungsrichtungen der Nikols parallel gehen; beim Drehen des Objekttisches bleibt es so gut wie unverändert, an gestörten Stellen des Präparates aber öffnet es sich mehr oder minder weit. Mittels der Gipsplatte Rot I O. ist leicht der negative Charakter des Kreuzes festzustellen. Aus diesen Beobachtungen folgt also, daß die Guaninfasern und -bänder negativ einachsig doppelbrechend sind, wobei die optische Achse normal zur Glanzschicht, also senkrecht auf der Fläche der Bänder, steht. Demgemäß bieten die Bänder, wenn ihre Fläche gegen die Objektebene geneigt ist, und zwar maximal in Kantenansicht, unter $\pm 45^0$ sehr starke Doppelbrechung dar, während sie parallel der Länge auslöschen.

An den Querschnitten des Kiemendeckels und zwar an den senkrecht zur Länge getroffenen Guaninbändern habe ich mittels der Umhüllungsmethode die Hauptbrechungsindices annähernd bestimmt. n_ε (Flächennormale der Bänder parallel der Schwingungsrichtung des Polarisators) ergab sich als ein wenig kleiner als der Brechungsindex des Nelkenöls (1,54), n_ω (Präparat um 90^0 gedreht) aber ungefähr gleich dem des schwefelgesättigten Methylenjodids (1,78).

Die platten Guaninbänder von *Argyropelecus hemigymnus* sind ein ausgezeichnetes Objekt um die Entstehung des Silberglanzes zu untersuchen, den bereits H. Mandoul[1]) unter die Fälle der Integumentfärbung eingereiht hat, die

1) Recherches sur les colorations tégumentaires, Ann. sc. nat., Zoologie, Paris, vol. 18, 1903, p. 225.

durch Interferenz an dünnen Blättchen hervorgerufen werden. Im durchfallenden Licht zeigen die Guaninbänder unter dem Mikroskop ziemlich kräftige, meist gelbe, im auffallenden überaus lebhafte Farben, unter denen blaue Töne vorherrschen. Diese Farben erstrecken sich manchmal über größere Anteile eines Bandes gleichmäßig; jedoch treten mit gestörter Struktur (Knickung z. B.) stets Änderungen der Farbe auf. Daß es sich um die Newtonschen Farben handelt, läßt sich an den Stellen ohne weiteres erkennen, an welchen verschiedene Farben in einer Art Querbänderung der platten Fasern auf einander folgen. Daß die Farben nur in der Reflexionsrichtung des auffallenden Lichtes wahrnehmbar, also bei festgehaltener Einfallsrichtung nur in einer Richtung zu beobachten sind, wird deutlich, wenn man den Objekttisch dreht. Falls nämlich die Bänder auch nur ein wenig mit ihrer Fläche gegen den Objektträger geneigt sind, so leuchten sie bei unveränderter Lage der Lichtquelle nur in einer bestimmten Stellung des Drehtisches auf, dann nämlich, wenn das reflektierte Licht gerade ins Objektiv gelangt. Aus demselben Grunde heben sich auch die häufigen Knickstellen der Bänder, an denen die Neigung der reflektierenden Fläche zum allgemeinen Niveau sich ändert, in gewissen Stellungen des Drehtisches hell leuchtend ab, in denen die Bänder selbst dunkel sind und umgekehrt. Das komplementäre Verhalten der Farben in Durchsicht und Aufsicht läßt sich durch ihre Vereinigung zu weiß in der auf S. 276 genannten Versuchsordnung leicht dartun.

Die Leuchtkraft der Farben in Durchsicht und Aufsicht nimmt in dem Maße ab, wie der Brechungsindex des Untersuchungsmediums steigt; in Balsam sind sie noch sehr kräftig, in Methylenjodid erlöschen sie; mit diesem haben ja die Bänder in Flächenaufsicht annähernd gleichen Brechungsindex. Daß die Untersuchungsmedien nur nach ihrem Brechungsindex wirken, wird vor allem klar, wenn man in Balsam eingebettete Querschnitte der Bänder über dem Polarisator allein untersucht: steht der Querschnitt parallel dessen Schwingungsrichtung, wirkt er also mit dem Brechungsindex n_ω = ca. 1,78, so

sind Farben (freilich nicht so schön wie in Flächenansicht) wahrnehmbar, dreht man ihn aber um 90°, wirkt er also mit n_e, das dem Index des Balsams fast gleich kommt, so verschwinden die Farben. Da man diese Beobachtung an dem Querschnitt eines Bandes machen kann (während man in Flächenansicht nicht immer sicher ist, ob nur eine Lamelle oder aber mehrere Lamellen über einander vorliegen), so ist sie zugleich ein Beweis dafür, daß die Farbenerscheinungen ihre Entstehung einer Feinstruktur des einzelnen Bandes verdanken. Damit gelangen wir zu demselben Ergebnis wie bei *Sapphirina*: die farberzeugende Struktur ist eine submikroskopische Lamellierung.

Krüger und Kern (a. a. O.) errechnen aus dem angeblichen Brechungsindex 1,5 des Guanins beim Barsch nach der Fresnelschen Formel, daß die Menge des reflektierten Lichtes höchstens 4% des auffallenden betrage und benutzen diesen Wert auch bei Überlegungen betreffs des Reflexionsvermögens der weißen Haut von Amphibien und Reptilien. Dazu ist zunächst zu bemerken, daß bei Einsetzen des wesentlich höheren richtigen Brechungsindex (wobei im Hinblick auf die starke Doppelbrechung des Guanins die Richtung des Lichteinfalls — Neigung gegen die optische Achse — nicht vernachlässigt werden darf) der Wert nicht unbeträchtlich größer wird, weiter aber, daß es sich beim Weiß der Reptilien und Amphibien um diffuse Reflexion handelt, bei dem Silberglanz der Fische aber wie dargelegt (größtenteils) um spiegelnde; diese beiden Fälle lassen sich also nicht in einfachen Vergleich setzen. Für den Silberglanz der Fische ist 4% Reflexion sicher viel zu gering. Eine Glasplatte ($n=1{,}5$) in Luft reflektiert an ihrer Oberfläche 4%; trotzdem sie auch noch an ihrer Unterfläche reflektiert, zeigt sie keine Spur von Silberglanz; erst wenn mehrere Glaslamellen übereinander geschichtet werden, also immer weitere Beträge des durchgehenden Lichtes reflektiert werden (wie man sich das an einer Anzahl auf einander gelegter Deckgläser leicht vorführen kann), kommt nach und nach steigender Silberglanz zum Vorschein. Wie beim Glasplattensatz handelt es sich nach dem oben Gesagten auch bei jedem einzelnen

Guaninband um vielfache Reflexion. Beobachtet man ein isoliertes Band, das sich in einem Schälchen mit Wasser unter dem Binokularmikroskop befindet, während es bewegt wird, so blitzt es in bestimmten Stellungen lebhaft auf. Da nun (vgl. Abb. 11) in der Regel mehrere Guaninbänder übereinander liegen und unter den Bändern noch die dicke Lage der Fasern erscheint, so tritt eine weitere Vervielfachung des Reflexionsvermögens ein. So wird es dann auch verständlich, daß das Guanin in den Leuchtorganen der Fische und im Tapetum lucidum der niederen Wirbeltiere[1]) als Reflektor dient. Nicht nur sein hoher Brechungsindex, sondern auch seine Neigung in feinster Lamellierung aufzutreten, befähigen es dazu in ausgezeichneter Weise.

Die Guaninmassen der Reptilien wirken in vielen Fällen als trübe Medien vor dunklem Hintergrund, d. h. geben bei jedem Einfallswinkel in Aufsicht matt blaue, in Durchsicht aber gelbrote Farbe, oder aber sie reflektieren diffuses Weiß. Doch habe ich bereits vor einer Reihe von Jahren[2]) darauf hingewiesen, daß bei gewissen Formen (z. B. *Phelsuma)* die Farben so brillant sind, daß sie nicht als Farben trüber Medien erklärt werden können, daß sie ferner an die einzelnen Körnchen gebunden erscheinen, daß im durchfallenden Licht außer gelb und rot, auch grün und blau auftritt, wie auch gelegentlich rot in Aufsicht zu beobachten ist, was ebenfalls trüben Medien widerspricht, und daß schließlich die Farben im auffallenden und durchfallenden Licht komplementär sind. Daraus schloß ich, daß die Wirksamkeit trüber Medien nicht für alle bei den Reptilien am Guanin zu beobachtenden Farbenerscheinungen ausreicht, daß vielmehr auch Interferenz hier eine Rolle spiele. Später[3]) fügte ich dem noch hinzu, daß die

1) Ob auch bei Säugern die Reflexion des Tapetum lucidum auf der Anwesenheit von Guanin beruht, ist anscheinend noch nicht hinreichend geklärt, vgl. C. Heß, Gesichtssinn, Handb. vgl. Physiol. v. Winterstein Bd. 4, S. 155. Jena 1913 (vgl. S. 730 f.).

2) Studien am Integument der Reptilien I, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 101 (1912), S. 139 (vgl. S. 188 f.).

3) Die Chromatophoren der Reptilienhaut, Arch. f. mikr. Anat Bd. 90, Abt. I (1917), S. 98 (vgl. S. 222 f.).

Farbe in solchen Fällen vom Einfallswinkel des Lichtes abhängt und dies zusammen mit den bereits genannten Umständen für Farben dünner Blättchen spreche. Hebe ich nun noch hervor, daß diese Farbenerscheinungen auch in Balsampräparaten erhalten bleiben, so erhellt die weitgehende Übereinstimmung mit den Verhältnissen bei *Sapphirina*. Wie dort, so muß auch hier auf eine submikroskopische Struktur der Guaninteilchen geschlossen werden.

Sehr bemerkenswert ist aber auch, daß die optische Orientierung des Guanins bei Amphibien und Reptilien dieselbe ist wie im Stratum argenteum der Fische, bei *Sapphirina* und im Tapetum von *Pecten*. Vor einer Reihe von Jahren (s. Anm. 3 S. 292) habe ich gezeigt, daß in den Guanophoren der Lacertiden die kristallinen Einschlüsse in einer Anzahl dicht auf einander folgender, im allgemeinen der Oberfläche paralleler Schichten geordnet sind. In Flächenansicht leuchten sie zwischen gekreuzten Nikols nur teilweise und wenig auf. Im Querschnitt dagegen findet unter den gleichen Umständen abwechselnde Aufhellung und wenn auch nicht ganz vollständige Auslöschung statt, das letzte parallel den Schichten. Daraus muß geschlossen werden, daß die optische Achse senkrecht zu den Schichten steht und Prüfung mit der Gipsplatte lehrt, daß auf diese Richtung (optische Achse) bezogen, der Charakter der Doppelbrechung negativ ist. Eine genauere Bestimmung des Brechungsindices habe ich nicht vorgenommen; doch kann ich nach Untersuchung von Balsamdauerpräparaten sagen, daß n_ε dem des Balsams nahe kommt, n_ω dagegen weit darüber liegt. Auch bei anderen Eidechsen, z. B. *Phelsuma*, *Chamaeleo*, bei denen man im gewöhnlichen Licht keine Anzeichen regelmäßiger Anordnung der Guaninkriställchen wahrnimmt, lehrt das Polarisationsmikroskop gemäß den Auslöschungserscheinungen, daß auch hier vorherrschend die optische Achse der Teilchen (Schwingungsrichtung n_ε) senkrecht zur Fläche der Zellen und damit im wesentlichen auch zur Fläche der Haut steht.

Entsprechend liegen die Verhältnisse auch bei den viel größeren Guanintäfelchen in den Guanophoren des Laub-

froschen; infolge der Becherform der Zellen, — die Blättchen schmiegen sich mit ihrer Fläche der Becherwand an — treten allerdings die Erscheinungen in polarisiertem Licht nicht so auffällig hervor. —

Während bei den Wirbeltieren mit Ausnahme des Tapetum lucidum retinale das Guanin nur in bindegewebigen Elementen erscheint (im Gegensatz zu Melanophoren und Lipophoren, die bindegewebiger und epithelialer Herkunft sein können), sehen wir es bei den Wirbellosen sowohl im Epithel (z. B. *Sapphirina*, Capitelliden) als auch im Bindegewebe (weiße Chromatophoren der Crustaceen) auftreten. —

Überschaut man die in diesem Abschnitt namhaft gemachten Fälle, in denen Guanin Strukturfarben erzeugend auftritt, so muß es fast Wunder nehmen, daß bei so verschiedenen Tierformen wie Capitelliden, Crustaceen, Muscheln, und Wirbeltieren ein und dieselbe stark reflektierende Substanz wiederkehrt und zu so verschiedenen Wirkungen wie diffusem Weiß, trübem Blau, Schillerfarben und Silberglanz gemodelt wird, mehr aber noch, daß es dem Organismus möglich ist, sie gerade an den Stellen zur Ausscheidung zu bringen, an welchen er sie jeweilig nötig hat. So erweist sich die Natur auch in diesem Falle als die große Meisterin, die mit wenig Mitteln das Höchste erreicht.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Die Untersuchung erstreckt sich in der Hauptsache auf *Sapphirina ovatolanceolata* Dana, daneben auch auf *Sapphirina darwinii* Haeckel. Soweit es sich um Beobachtungen an fixiertem Material handelt, verdient Sublimatfixation den Vorzug vor der in Alkohol oder Formol; es ist, wenn die Erhaltung des Schillers in Frage kommt, ratsam, das fixierte Material bald zu verarbeiten.

2. Der Schiller der männlichen Sapphirinen ist an das besonders ausgebildete Körperepithel, Glanzepithel, der Rückenseite geknüpft. Seine Zellen, die Glanzzellen, entsprechen den „Platten“ der Autoren, erreichen ungewöhnliche Größe, werden dabei aber sehr dünn (ausgesprochenes Platten-

epithel). Die Glanzzellen liefern einmal als Hypodermis die (auch dem übrigen Körper eigene) chitinige Kutikula, daneben aber erzeugen sie in ihrem Protoplasma die farbgebende Glanzschicht. Die Glanzschicht nimmt als eine dünne Platte fast den ganzen Raum der Zelle ein, indem nur auf ihrer Unterseite eine ganz geringfügige Plasmaansammlung zur Aufnahme des stark abgeplatteten, kreisrunden Kernes übrig bleibt.

3. Die Glanzschicht besteht aus rundlich-sechseckigen Plättchen, den Glanzplättchen, von etwa 0,3 μ Dicke und 1 μ Flächendurchmesser, die mosaikartig in drei unter 60° sich schneidenden Liniensystemen zu einer an die Schale von *Pleurosigma* erinnernden Struktur zusammengefügt sind. Die Anwesenheit der Glanzplättchen bedingt die feinzackigen Grenzen der Glanzzellen. Die Glanzschicht einer jeden Zelle zerfällt in eine Anzahl von Glanzfeldern; diese stellen Bezirke dar, welche sich durch die Verlaufsrichtung der genannten Liniensysteme in der Zellfläche unterscheiden. Der schillernden Furka von *Sapphirina darwinii* fehlen typische und regelmäßig geordnete Glanzplättchen; hier findet sich vielmehr eine äußerst feinkörnige Masse.

4. Die regelmäßige Anordnung der Glanzplättchen bedingt, daß jedes Glanzfeld wie ein 60°-Beugungsgitter oder eine Pleurosigmaschale wirkt, nämlich (Beobachtung ohne Okular) im Öffnungsbild des Objektivs (auch an Balsampräparaten) 6 Beugungsspektren I O. (bei Objektiven höchster Apertur dazu noch 6 Spektren II O.) hervorruft, die in gleichen Abständen von einander regelmäßig um das unabgebeugte Blendenbild verteilt sind. Weil aber ohne besondere Vorkehrung fast immer mehrere benachbarte, verschieden orientierte Glanzfelder im Sehfeld des Objektivs enthalten sind, so treten Multipla von 6 Spektren auf, die zu einem Spektrenkreis I O. bezw. dazu noch einem Kreis II O. zusammentreten. (Diese Beugungswirkung der Glanzschicht ist nicht die Ursache des charakteristischen Schilles, vgl. 9.)

5. Bei den Glanzzellen herrscht „histologische Konstanz" nach Form, Lage und Zahl der Zellen; besonders auffallend

ist die strenge Symmetrie in den Körperhälften. Die Gesamtzahl der Glanzzellen bei *Sapphirina ovatolanceolata* beträgt gegen 600. Diese verteilen sich wie folgt:

			Zellen	
			unpaar	paarig
Kopfsegment 170 Zellen	Thorakale	1	1	2×38
	„	2	—	2×40
	„	3	1	2×39
	„	4	1	2×32
	„	5	—	2×5

Thorakalia: $3 + (2 \times 154) = 311$

		Zellen	
		unpaar	paarig
Abdominale	1	1	2×22
„	2	—	2×12
„	3	—	2×12
„	4	—	2×13

Abdominalia: $1 + (2 \times 59) = 119$

6. Die bereits von Ambronn entdeckte negativ einachsige Doppelbrechung der Glanzplättchen — optische Achse normal zur Fläche der Glanzschicht — ist sehr hoch, stärker als die des Kalkspats (0,17); n_ω beträgt gegen 1,79 (ungefähr gleich dem Brechungsindex schwefelgesättigten Methylenjodids), n_ε etwa 1,55 (ein wenig größer als der des Kanadabalsams); aus der Differenz der Brechungsindices ergibt sich die Stärke der Doppelbrechung zu 0,24, aus (mäßiger) Schätzung der Interferenzfarbe (in Kantenansicht eines Plättchens) und aus der Schichtdicke (Durchmesser eines Plättchens) zu etwa 0,2. Damit gehören die Glanzplättchen zu den stärkst lichtbrechenden und doppelbrechenden Bestandteilen des Organismus. Da Stärke und Charakter der Doppelbrechung unabhängig vom Brechungsindex imbibierender Medien ist, handelt es sich nicht um Form-, sondern um Eigendoppelbrechung.

7. Die Glanzplättchen lösen sich in Säuren und Alkalien, nicht aber in Ammoniak; sie geben die Murexidreaktion und

wandeln sich unter dem Einfluß von Salzsäure in stark licht- und doppelbrechende, schief auslöschende Nadeln um, deren kristalloptische Eigenschaften mit dem Guaninchlorid übereinstimmen. Demnach enthalten sie Guanin oder eine Guaninverbindung. Reines Guanin zeigt ähnliche Licht- und Doppelbrechung wie die Glanzplättchen. Die kristallographische Identifikation der Guanins schließt andere Purinkörper aus. Bei sehr vorsichtiger Lösung des Guanins, wie sie z. B. durch den Alaungehalt des Hämalauns bei langdauernder Färbung eintritt, hinterbleibt ein nicht doppelbrechender Rückstand der Plättchen, der auch wohl die Ursache ihrer starken Färbbarkeit (z. B mit Thionin) ist. Diese Umstände sprechen dagegen, daß die Glanzplättchen Kristallindividuen im Sinne der klassischen Kristallographie sind; sie scheinen vielmehr micellaren Aufbau zu besitzen, d. h. Aggregate submikroskopischer Kriställchen zu sein.

8. Die Untersuchung und zwar auch der isolierten Glanzplättchen im Hellfeld, Dunkelfeld und mittels des Opakilluminators lehrt, daß jedes für sich Träger des charakteristischen Schillers ist. Insbesondere ergab die Prüfung im Dunkelfeld, daß nach Zusatz von Süßwasser das Beugungsvermögen schillernder Glanzplättchen sich ändert, indem die zuvor farbig aufleuchtenden Teilchen nun weißes Licht entsenden. Da diese Wirkung des Süßwassers unmöglich auf einer bloßen Berührung des Guanins beruhen kann, wird daraus geschlossen, daß das Süßwasser in die Glanzplättchen eindringt und eine Änderung ihres submikroskopischen Baues hervorruft (s. unten 12); der Schiller ist also an eine gewisse submikroskopische Unversehrtheit der Glanzplättchen geknüpft.

9. Pigmentfarben, Oberflächenfarben und Farbe trüber Medien können mit Sicherheit als Ursache des Farbenschillers ausgeschlossen werden; es kann sich nur um Interferenzfarben, sei es Gitterfarben oder Farben dünner Blättchen, handeln. Schon der Umstand, daß die einzelnen Glanzplättchen den Schiller erzeugen, schliesst aus, daß er auf ihrer gitterartigen Anordnung (Pleurosigmastruktur) beruht, wie eine solche auch

der schillernden Furka von *Sapphirina darwinii* fehlt. Auch kann im Öffnungsbild des Objektivs das vom Gitter abgebeugte Licht von dem charakteristischem Schiller unterschieden werden. Die Interferenzerscheinungen sind (vgl. auch 8) an eine submikroskopische Struktur des einzelnen Plättchens geknüpft.

10. Ob die submikroskopische schillererzeugende Struktur eine Gitter- oder eine Dünnblattstruktur ist, läßt sich nur mehr nach den Farbenerscheinungen selbst beurteilen. Dabei ist man freilich genötigt, eine Annahme über die Lage der Gitterspalte bezw. der Dünnblattfläche zu machen. Während bei einer Dünnblattstruktur die fast unumgängliche Annahme wäre, daß die Glanzplättchen parallel ihrer Fläche submikroskopisch lamelliert sind, erforderte der Umstand, daß ein ebenes Stück der Glanzschicht unter allen Azimuten bei geeigneter Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtung den Schiller ohne wesentliche Intensitätsänderung zeigt, nach allen Richtungen in der Ebene der Glanzschicht verlaufende Gitterspalte, eine Struktur, die schwer vorstellbar ist und für die im mikroskopisch wahrnehmbaren Bau der Glanzplättchen keine Anhaltspunkte gegeben sind.

11. Beobachtung des Schillers zeigt, daß die Farben in der Reflexionsrichtung des einfallenden Lichtes wahrnehmbar sind, daß sie im auffallenden und durchfallenden Licht komplementär sind und daß sie bei Änderung des Einfallswinkels in der Newtonreihe sich ändern. Alle diese Erscheinungen sprechen für Dünnblattfarben, die Sättigung der Farbe in Durchsicht insbesondere für Lamellenschichtung. Sie sind also mit unserer Annahme einer submikroskopischen Lamellierung des einzelnen Glanzplättchens parallel seiner Fläche wohl vereinbar. Imbibiert man die Glanzplättchen mit Flüssigkeiten von verschiedenem Brechungsindex, so werden die Farben um so schwächer je mehr der optische Unterschied zwischen Flüßigkeit und Guanin ausgeglichen wird, sie erlöschen ganz bei Imbibition mit einer Flüssigkeit vom Brechungsindex des Guanins. Einen Farbwechsel bei der Imbibition konnte ich nicht wahrnehmen. Dieser Versuch (der

keinen Entscheid in der Frage ob Dünnblatt- oder Gitterfarben gab) schließt Oberflächen- (und Pigment-)farben mit Sicherheit aus.

12. Bei dem Aufheben des Schillers durch gewisse Reagentien muß man unterscheiden zwischen solchen, welche die Guaninkomponente der Lamellierung angreifen und solchen, welche die andere („protoplasmatische") Komponente verändern. Zu den ersten gehören Säuren und Alkalien, welche das Guanin auflösen und, wenn dieser Vorgang brüsk erfolgt, die Feinstruktur des Glanzplättchens im ganzen zerstören. Doch scheint bei sehr vorsichtiger Lösung die Lamellenstruktur in ihrer protoplasmatischen Komponente erhalten bleiben zu können, wobei dann das System gemäß dem erheblich verringerten Unterschied der Brechungsindices nur noch schwache Interferenzfarben geben kann. Zu den zweiten gehört die Einwirkung des Süßwassers, welche die Guaninkomponente ungestört läßt, in der „protoplasmatischen" aber Trübung hervorruft, welche die optische Homogenität des Systems herabsetzt. Auch das Erlöschen bezw. die Änderung des Glanzes absterbender Tiere dürfte eine mortale Änderung der protoplasmatischen Komponente darstellen. Durch Aufhellen (in Balsam z. B.) läßt sich die Trübung vermindern und der Schiller kehrt zum Teil zurück.

13. Die Schillerfarben der Schmetterlingsschuppen (insbesondere *Urania-* und *Morpho*typus) und der Federn haben (gemäß den Untersuchungen von Süffert und Elsässer) mit dem Schiller der Sapphirinen gemein, daß auch sie durch eine Dünnblattstruktur — bei Vögeln eine Lamelle, bei Schmetterlingen einen Lamellensatz — hervorgerufen werden. Während aber bei den Schmetterlingsschuppen ein System „Chitin — Luft" wirksam ist, handelt es sich bei *Sapphirina* um ein System „Guanin — wasserhaltiges Kolloid", was einen viel höheren Brechungsindex der festen Komponente voraussetzt, wie er auch tatsächlich gegeben ist. Bemerkenswert ist auch, daß der Lamellensatz bei *Sapphirina* ohne jede Hilfseinrichtung (ohne dunklen Hintergrund) arbeitet.

14. Das bei Wirbellosen öfter als Exkret erscheinende Guanin wird bei zahlreichen Tieren zur Erzeugung von Struk-

turfarben verwendet. Dabei sind drei Fälle zu unterscheiden: a) relativ grob zerteiltes, regellos aber dicht gelagertes Guanin liefert durch diffuse Reflexion mattes Weiß (weiße Chromatophoren der Crustaceen, kreidig weiße Hautfärbung bei *Petromyzon*, Haien, Amphibien, Reptilien). b) Fein zerteiltes Guanin wirkt als trübendes Medium und erzeugt mattes Blau vor schwarzem Hintergrund (in Verbindung mit darüber gelegenem gelben Lipochrom Grün bei Amphibien und Reptilien). c) Plattig ausgebildetes, submikroskopisch lamelliertes und mit der optischen Achse normal zur Fläche der betreffenden Schicht orientiertes Guanin bedingt durch vervielfachte spiegelnde Reflexion Schillerfarben und Silberglanz (Glanzepithel von *Sapphirina*, Tapetum von *Pecten*, Stratum argenteum der Fische und Tapetum lucidum der niederen Wirbeltiere, Leuchtorgane der Fische). Als ein besonders schönes Beispiel von Silberglanz wird das Verhalten des Kiemendeckels von *Argyropelecus* genauer beschrieben.

Widmung.

Die vorstehende Abhandlung widme ich in dankbarer Erinnerung an meine Studienjahre und in herzlicher Verehrung

zum siebzigsten Geburtstage

Herrn Professor Dr. Walter Voigt in Bonn

dem begeisterten Lehrer der Zoologie, dem Meister in der Biologie der Planarien, dem planvollen Organisator der rheinischen Naturkunde, dem selbstlosen Förderer wissenschaftlichen Strebens, wo und wann er es auch immer traf.

Thelyphonus caudatus L.

Eine biologische Skizze.

Von

Ad. Strubell.

Mit 1 Tafel.

Auf Java lebt ein arachnoider Arthropode, welcher der Gruppe der Pedipalpen zugehört und unter diesen wieder dem Tribus der Uropygi zugezählt wird: Thelyphonus caudatus L. Seine nächsten Artverwandten bewohnen die großen und kleineren Eilande des malayischen Archipels, einige auch das südasiatische Festland; indes der stattlichste Vertreter dieser Sippe, der mehr als die doppelte Größe des Th. caudatus erreicht, in den neotropischen Gebieten Mittelamerikas zu Hause ist.

Während einer mehr als drei Dezennien zurückliegenden Reise in diese Inselwelt habe ich mich redlich bemüht, Tiere dieser Art in größerer Zahl zu sammeln und sie in Terrarien zu halten, um auf diese Weise einen Einblick in ihre Lebensgeschichte zu gewinnen. Was ich damals, vor langen Jahren, dort aufgezeichnet, sei in aller Kürze und Bescheidenheit hier wiedergegeben. —

Thelyphonus caudatus ist ein Geschöpf von ziemlich schlanker, langgestreckter Gestalt, das in seiner äußeren Erscheinung lebhaft an einen Skorpion erinnert. Bei einer Körperlänge von 32 mm besitzt es auf seiner Oberseite eine schwarzbraune Färbung, die auf der Unterseite, den Extremitäten und dem Schwanzfaden in ein helleres Rotbraun übergeht. Der Chitinpanzer hat eine derbe Beschaffenheit und besteht zunächst aus dem Cephalothorax, der ein flaches herzförmiges, sich nach vorne verjüngendes Schild darstellt. Vor dem

Vorderrand zeigt er eine kleine Erhebung, die die beiden Hauptaugen trägt, seitlich dagegen und etwas nach hinten zurück stehen in je einer Gruppe zu drei die sechs kleineren Nebenaugen. An dieses Kopfbruststück schließt sich nach hinten, durch eine deutliche Einschnürung von diesem geschieden, das Abdomen an, das sich aus zwölf Segmenten zusammensetzt. Nur die drei letzten, die einen zapfenartigen Anhang bilden, stellen geschlossenen Leibesring dar. Die neun vorderen erweisen sich als dorsale und ventrale Chitinstücke, von denen die zwei ersten Bauchspangen zur Genitalplatte verwachsen sind. Seitlich sind alle durch eine einheitliche elastisch-weiche, weißgraue mit schwarzen Höckerchen versehene Gelenkhaut mit einander verbunden. Endlich reiht sich an den Hinterleib noch das sogen. Postabdomen als vielgliedriger und behaarter Caudalfaden. — Von den sechs Gliedmaßenpaaren sind die beiden ersten zu Greif- und Beißwerkzeugen umgebildet. Das erste Paar, die Mandibeln oder Kieferfühler, ist zweigliedrig. Sein Endglied ist klauenartig und gegen den scharfen, mit Zähnen bewaffneten Vorderrand des Basalgliedes umschlagbar. Eine Giftdrüse bergen diese Mandibeln nicht, ebenso wenig wie die ihnen folgenden Maxillopalpen oder Kiefertaster, die aus mehreren stark chitinisierten Gliedern bestehen. Deren breite Coxen sind miteinander verwachsen und bilden so eine plattenförmige Unterlage für den Mund; der Trochanter trägt fünf Dorne, und die Endglieder sind zu einem kurzen Scherenapparat modifiziert. Von den eigentlichen Extremitäten macht nur das erste Beinpaar eine Ausnahme von den übrigen, indem es viel schlanker und an seiner Spitze mit einer vielgliedrigen Tarsalgeißel ausgestattet ist. Alle anderen sechs Beine sind echte Gangbeine und besitzen an ihren Enden zwei scharfe Krallen. Erwähne ich noch, daß die Lungenöffnungen am Hinterrand der zweiten und dritten Bauchplatte ausmünden, so ist die äußere Erscheinung in ihren wesentlichsten Bestandteilen gekennzeichnet.

Ein Größenunterschied existiert zwischen beiden Geschlechtern nicht. Dagegen zeigen sich Differenzen in der Skulptur der Genitalplatten. Beim Männchen erscheint sie

als eine halbkreisförmige Chitinlamelle mit konvexem Hinterrand, die in der Mittellinie durch eine deutliche Furche in zwei nach oben ziemlich gewölbte Hälften geteilt wird; beim Weibchen hat die Genitalplatte eine mehr viereckige Gestalt; ihre Breite überwiegt ihre Höhe, und außerdem lassen sich seitlich der Medianlinie zwei rundliche, uhrglasartige Einsenkungen erkennen, die die ganze Platte in drei Abschnitte trennen. Auch die Scheere der Maxillopalpen ist beim Männchen kräftiger und ihr basales Glied stärker emporgewölbt als beim Weibchen. Weniger leicht springen die Unterschiede in die Augen, die die Tastergeißel der Fühlerfüße aufweisen. Hier sind beim Weibchen die drei vorletzten Glieder des Tarsus schwarz gefärbt und unregelmäßig buckelig geformt. Da diese eigentümliche Ausbildung sich nur bei geschlechtsreifen Weibchen findet, während beim Männchen immer diese Glieder normal entwickelt sind, ist es nicht unwahrscheinlich, dass sie in Beziehung zum Sexualleben stehen. Doch wage ich keine Deutung, da ich über Beobachtungen nicht verfüge. —

Thelyphonus caudatus, der nicht nur auf Java zu Hause zu sein scheint, sondern dem ich auch auf den Molukkeninseln Amboina und Batjan begegnet bin, bewohnt vorzugsweise die durch ein feuchtes warmes Klima und durch üppige Wälder ausgezeichneten Hügelländer, die er um so mehr zu lieben scheint, weil die sich hier zumeist besonders reich entfaltende niedere Tierwelt ihm eine ergiebigere Nahrung verspricht, als das ärmere Flachland. In der heißen Ebene von Batavia, in welcher zur Zeit des Ost-Monsums der Boden austrocknet, die Vegetation teilweise verdorrt und viele Tiere dann zu einem monatelangen Sommerschlaf gezwungen sind, habe ich ihn viel seltener angetroffen als in Buitenzorg, wo die verderblichen Wirkungen des Trockenwindes durch die jahraus jahrein allabendlich herniederprasselnden Gewitterregen ausgeglichen werden. Aber auch die kühlen höheren Gebirgsregionen scheint es zu meiden; denn auf dem 5000′ hohen Malabar-Gebirgsstock im Preangergebiet, wo die Temperatur nie 15° C. übersteigt, suchte ich ihn vergebens, und ebenso

schien er auf den gleichen Höhen des Vulkans Gedeh zu fehlen.

Lichtscheu und räuberisch, wie so viele Glieder der Spinnensippe, lebt Thelyphonus tagsüber versteckt unter Laub, Steinen, Baumrinde, wo er sich vielfach ein Loch ausscharrt, in dem er sich verbirgt. Zuweilen trifft man ihn auch in den Hütten der Eingeborenen an, deren Binnenräume selbst bei Sonne in stetem Dämmer liegen. — In der Ruhe befinden sich Cephalothorax und Hinterleib flach auf dem Boden, die langen dünnen Beine sind dabei weit ausgestreckt und die Maxillopalpen gegen den Mund hin eingebogen. Aber schon die geringste Erschütterung schreckt ihn sofort aus dieser Starre auf, und dann sucht er mit großer Behendigkeit zu entfliehen. Berührt dagegen ein Artgenosse seinen Nachbarn auch nur ganz leise, so erwacht in ihm sofort die ererbte Turnierlust. Kampffreudig erwartet er den Angriff seines Gegners. Dabei strafft und erhebt sich der ganze Körper, die kräftigen Kiefertaster werden weit ausgebreitet und die Scherenglieder bis zur Möglichkeitsgrenze gespreizt. Die Fühlerbeine stehen hoch in die Luft und sind in steter vibrierender Bewegung. Durch den gesamten Leib geht ein merkliches Zittern. Ein solcher Thelyphonus in seiner Fehdestellung macht immer den Eindruck eines in äußersten Zorn geratenen Menschen, bei dem sich, wenn wir ganz von dem Mienenspiel absehen, schon in der Körpergebärde der erregte Seelenzustand in allen Phasen wiederspiegelt. Liegt in dieser Pose aber nun wirklich bei unserem Tier der Ausdruck des Zornes? Ich glaube dies verneinen zu müssen. Denn Zorn setzt immer eine ganze Reihe von oft blitzartig sich folgenden Vorstellungen, Überlegungen und recht komplizierten Urteilen voraus, deren niedere, und wohl auch höhere Tiere, gewiß nicht fähig sind. Es bleibt uns daher nichts übrig wie diese scheinbar psychisch-intellektuelle Vitalität als eine Instinkthandlung zu deuten, als jenen noch heute mystischen Trieb, von dem der bekannte, sarkastische Ausspruch noch immer gilt, den einst Kant über die „Lebenskraft“ äußerte: sie sei „die bequeme Lagerstätte, wo die Vernunft ausruhe auf dem Polster dunkler Qualitäten“.

Einzig und allein die Ähnlichkeit in der gesamten Körperstellung der Tiere scheint es mir zu sein, die den Glauben an eine Zornäußerung hier vortäuscht.

Der Volksmund spricht von „spinnefeind", um den Grad höchsten Hasses zwischen zwei Menschen zu bezeichnen, und bringt damit einen Charakterzug zum Ausdruck, der fast allen Spinnentieren eigen ist. Es ist nicht allein die Sorge um die Nahrung, die auch die Geißelskorpione in fortwährender Kampfbereitschaft hält, sondern eben jene „instinktive" Lust, die sie zum Morden und Zerstören antreibt. Alles, sei es ein totes, sei es ein lebendes Wesen, wird, wenn es im Wege liegt, von ihnen angegriffen und so lange umhergezerrt bis der Zerstörungsgier Genüge geleistet ist. Nicht nur mit größeren oder kleineren Tieren anderer Sippen lebt der Thelyphonus in steter Feindschaft, sondern auch an den eignen Artgenossen übt er seine Gewalttätigkeit aus. Zwei, drei und vier Individuen habe ich öfter fest ineinander verbissen, gesehen, und nicht selten war das Ende des Haders, daß der eine oder andere seinen Verletzungen erlag. Im günstigsten Fall wurden sie durch den Verlust einer oder mehrerer Extremitäten invalid. Spuren fanden sich häufig in Gestalt abgerissener Beine oder Schwanzfäden in meinen Terrarien, und auch im Freien traf ich zuweilen Exemplare mit deutlichen Zeichen dieser Kampfbegierde an.

Während sich die Tiere am Tage, wenigstens in meinen Zuchtschalen, ruhig verhielten, begannen sie gegen Abend erst eigentlich agil zu werden. Dann habe ich sie in der Dämmerung häufiger angetroffen, wie sie nach Beute suchend entweder bedächtig und immer einsam zwischen den Geröllsteinen dahermaschierten oder in hurtigster Bewegung, bald vorwärts, seitlich und rückwärts laufend, begriffen waren. Denn wie fast alle Landraubtiere, denen ja die Existenzbedingungen im Vergleich zu Pflanzenfressern wesentlich erschwert sind, einzeln oder nur familienweise leben, ist auch unser Thelyphonus ein ausgesprochener Einsiedler, ein ungeselliges Geschöpf. Ich mochte modernde Baumstümpfe und Felsstücke umwenden, niemals traf ich mehr als ein Individuum unter

diesen, und da, wo sich dennoch das eine in der Nähe des anderen zeigte, waren stets Umstände vorhanden, die das Jagdgebiet beiden zugleich nicht zugänglich machten. —

Als Nahrung dienen Thelyphonus kleine Kerfe, Asseln, Schaben, Tausendfüße, Würmer und wohl auch junge Nacktschnecken, besonders die häufigen kleinsten Vaginuliden. — Es ist ein sehr anziehendes Schauspiel, ihn beim Erhaschen der Beute und beim Fressen zu beobachten. Im Freien gelingt dies selten, im Terrarium dagegen hat man hierzu öfter Gelegenheit.

Fast in allen Hand- und Lehrbüchern findet man die Angabe, daß die Pedipalpen giftig und darum von den Eingeborenen ihres Bisses wegen sehr gefürchtet seien. Doch hat noch niemand eine Giftdrüse entdecken können, und auch mir war es nicht möglich, eine solche weder in den Mandibeln noch in den Maxillopalpen aufzufinden. In der Tat ist bei Thelyphonus ein derartiges Organ nicht vorhanden, und die Furcht vor diesen Tieren gehört in das Reich der vielen Tropenfabeln. Dafür spricht schon, daß die Malayen, die sehr vorsichtig sind und mir jedes Gifttier oder eines das nur im Verdacht stand, ein „bia radjong“ zu sein, an einer Rotangschnur festgebunden einlieferten, den Thelyphonus als ein ganz harmloses Geschöpf ansahen und ihre „Kålå“ mir immer in der freien Hand zutrugen. Andererseits kann man sich leicht davon durch die Beobachtung des Freßaktes überzeugen. Denn existierte eine Giftdrüse in einem der Mundwerkzeuge, so müßte wie bei den Spinnen das Opfer durch den Biß, wenn nicht gleich getötet, so doch mindestens gelähmt werden, was keineswegs der Fall ist. Hat ein Thelyphonus irgend ein Beutetier gewittert, so verfährt er bei dessen Ergreifung sehr geschickt. Mit einem plötzlichen Sprung stürzt er auf dieses los, packt es mit einer seiner kräftigen Scheren und zerreißt es mit Hilfe der anderen in mehrere Stücke. Diese oder auch ganze Tiere werden durch Umbiegung der Maxillopalpen gegen den Mund den Mandibeln zugeführt. Das klauenartige mit scharfen Kanten versehene Endglied der Kieferfühler wird dabei beständig gegen den gleichfalls scharfen und bezahnten

oberen Rand des Basalgliedes auf und ab bewegt, offenbar um den Bissen in immer kleinere Stücke zu zerschneiden, vor allem aber auch um aus den Skelettstücken die weichen Bestandteile herauszuquetschen. Die Mandibeln wirken also wie Messer und Presse zugleich; denn, da zwischen deren beiden Gliedern ein Schaniergelenk funktioniert, ist ein Zerkauen der Nahrung ausgeschlossen. Die breiige Nahrung gelangt vielmehr durch den engen Mund vermittelst der Saugmuskulatur des Pharynx in den Ösophagus und von dort in den Mitteldarm, in den mehrere Gänge der gewaltig entwickelten Mitteldarmdrüse (sogen. Leber) einmünden. Da, wie bei den Crustaceen, vermutlich diese Drüse nicht nur eine sekretorische, sondern auch eine resorbierende Funktion besitzt, werden durch sie die Nährstoffe fermantativ gelöst und dem Stoffwechsel zugeführt. Der schmale Mund und die enge Speiseröhre lassen überhaupt ein Verschlingen der Beute nicht zu; niemals findet man in dem Darminhalt Hartgebilde. Dagegen fand ich in den Terrarien am Morgen stets kleinere oder größere Bruchstücke von Beutetieren, die in der Nacht ausgesogen worden waren.

Reizt man einen Thelyphonus etwa mit einem Grashalm oder einer Nadel, wie ich es öfter versuchte, so gerät er in einen Zustand äußerster Erregung und fährt dabei wütend auf den Gegenstand zu. Die Maxillopalpen sind dann auch hier weit gespreizt und deren Scheren geöffnet. Das Abdomen wird hoch emporgehoben und der Schwanzfaden nach vorne umgebogen. Plötzlich bemerkt man wie der Hinterleib sich dorso-ventral etwas zusammenzieht, und in dem gleichen Augenblick tritt aus der Analgegend eine staubartige Wolke, die sich bis über einen Fuß weit ausbreitet. Die ganze Luft ist in diesem Moment von einem sehr intensiven Geruch nach Ameisensäure erfüllt. Bei näherem Zusehen besteht diese Wolke aus kleinsten Sekretbläschen, die zwei großen im Abdomen gelegenen muskulösen Stinkdrüsen enstammen, deren Mündungen rechts und links von der Afteröffnung gelegen sind. Da dieses Sekret auf der menschlichen Haut ein unangenehmes Brennen hervorruft, welches sich auf den Schleimhäuten zu

einem sehr heftigen Schmerz steigert, so ist es klar, daß Thelyphonus in diesen Drüsen ein vortreffliches Schreck- und Verteidigungsmittel besitzt, das ihm in gewissem Sinne auch die fehlenden Giftdrüsen ersetzt.

Auf den Antillen, wo unser Thelyphonus durch Mastigoproctus giganteus vertreten wird, soll dieser wegen seines starken Essiggeruches den Namen „vinaigrier“ führen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß eben die Funktion dieses Drüsenapparates den Thelyphonus in den Ruf der Giftigkeit gebracht hat.

Solche Abwehrvorrichtungen sind gerade bei den niederen Tieren und hier in sehr mannigfacher Form verbreitet. Sie finden sich jedoch in gleicher Weise auch bei den Vertebraten. Ich nenne nur die häufig bei Canivoren auftretenden Analdrüsen, und wer z. B. eine Kröte erfaßt, wird öfter die unliebsame Beobachtung machen, daß diese reflektorisch die Harnblase in seine Hand entleert. — Das erinnert mich ganz unwillkürlich an jenes schon durch seine Lichteffekte prachtvolle und doch oft geschmähte Bild Rembrandt's in der Dresdener Galerie, auf dem durch den Adler des Zeus der junge Ganymed in den Olymp getragen wird, um dort den Göttern als Mundschenk zu dienen. Gepeinigt durch die Krallen seines Entführers, und durch den ungewohnten Flug verängstigt, kommt er in die gleiche Situation wie jene Kröte. Und gerade diese drastisch-realistische Darstellung, die Rembrandt auf seinem Gemälde gewagt hat, ist es, die auf manche Beschauer so abstoßend zu wirken vermag. —

Ich komme nun noch zu dem interessanten Kapitel der Fortpflanzung. Über deren Art bin ich lange Zeit durch die mir zugänglich gewesenen Bücherangaben, in denen überall die Viviparität der Pedipalpen betont wurde, irregeführt worden. Auf diese Weise habe ich manches Weibchen geopfert, bei dem ich durch die Turgescenz des Abdomens eine Trächtigkeit annehmen konnte. Zwar fand ich in solchen Fällen die Ovarialschläuche immer mit großen Eiern gefüllt und im Receptaculum seminis öfter zahlreiche Spermatozoen, die auf eine bereits vollzogene Befruchtung hindeuteten, aber niemals traf

ich auf Embryone in den Geschlechtswegen. Dies Ergebnis brachte mich zu der Vermutung, ob nicht die Thelyphoniden ovipar seien. Da gab mir Mitte Oktober ein glücklicher Fund den erwünschten Aufschluss über deren Fortpflanzungsart. Zu dieser Zeit wurde mir nämlich ein Weibchen zugebracht, das mit einem Eiersäckchen behaftet war. Es ist also Thelyphonus nicht nur eierlegend, sondern es besteht bei ihm auch noch eine ausgesprochene Brutpflege!

Bei der nächtlichen Lebensweise, die die Tiere führen, ist es sehr wahrscheinlich, daß auch die Begattung in der Dämmerung oder während der Nacht erfolgt. Ich selbst hatte niemals Gelegenheit, weder im Freien, noch in den Terrarien, den Begattungsakt beobachten zu können, doch dünkt es mich nach der Lage der Genitalplatten, daß die Kopulation derart vollzogen wird, daß das Weibchen zunächst auf den Rücken zu liegen kommt und das Männchen dann seine Geschlechtsöffnung dicht an die des Weibchens anpreßt, wobei das Sperma in die weibliche Genitalhöhle übertragen wird. Es geschieht daher dieser Prozeß vermutlich bei den Thelyphoniden in derselben Anlagerung der Geschlechter wie bei den ihnen so nahe verwandten Skorpionen, wo nach Angaben von Brongniart und Gaubert diese Art der Kopulation später durch Marés in Algerien beobachtet wurde. Demnach verläuft die Begattung keineswegs hier in so durchaus origineller und für das Männchen oft gefahrbringender Weise, wie wir sie bei den echten Spinnen kennen, und wie es uns auch in so anschaulicher Art durch Heymons von einer Solifuge, *Galeodes caspius*, geschildert wurde. —

Will nun das Weibchen zur Eiablage schreiten, so sucht es sich hierzu einen besonders geschützten Ort und gräbt dort zunächst mit seinen zu diesem Zweck vortrefflich geeigneten Kiefertastern einen Gang in das Erdreich, den es an dessen Ende zu einer kleinen Höhle erweitert. Meist werden diese Bauten an abschüssigen und dicht bewachsenen Stellen angelegt, so daß der Eingang durch darüberliegendes Moos oder Laub unsichtbar bleibt. Unter diesen Umständen ist es sehr schwierig ihn aufzufinden, und nur zwei Mal ist es mir gelungen,

einen Blick in solch eine unterirdische Wochenstube unseres Thelyphonus werfen zu können. In dem einen Fall lag die Höhle etwa anderthalb Fuß unter der Erde, in dem anderen näherte sie sich etwas mehr der Oberfläche. Schimkewitsch erwähnt in seiner Abhandlung über die Entwicklung des Thelyphonus caudatus auch diesen Bau und bespricht, nach den Angaben von Dr. Pedaschenko, ihn kurz als „Erdkokon von der Größe eines kleinen Apfels". Der ganze Binnenraum dieser Höhle ist geräumig genug, um dem Insassen einige Bewegung zu gestatten. Das Tier macht hiervon jedoch keinen Gebrauch, sondern sitzt völlig ruhig und apathisch darin, und gibt zuweilen nur dadurch ein Lebenszeichen von sich, daß es ab und zu seine Tasterfüße auf- und niedersenkt. Sein Hinterleib ist dann auf der Ventralseite konkav eingebogen, nach unten gekrümmt und bedeckt schützend mit seiner ganzen Breite den nur lose an die Genitalplatte angehefteten Eiersack (Taf. III, Abb. 1). Die Wand dieses ziemlich weiten Säckchens wird von einer strukturlosen, durchsichtigen und bläulichrosa irisierenden Membran gebildet und besteht aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem an der Luft rasch erstarrenden Sekret der Drüsenzellen, die die Innenfläche der Genitalhöhle auskleiden. Auch die helle Flüssigkeit, die den Eiersack erfüllt, mag aus der gleichen Quelle stammen. Die Zahl der Eier, welche diese Hülle umschließt, ist eine wechselnde und beträgt 20—35; niemals habe ich eine Anzahl von 100, wie sie Schimkewitsch angibt, angetroffen. Fast alle Eier befinden sich auf der gleichen Entwicklungsstufe, woraus zu schließen ist, daß sie zu gleicher Zeit befruchtet und auf ein Mal abgelegt wurden. Was bei ihnen auffällt, ist ihre bedeutende Größe von ca. 3 mm, besonders wenn man dabei das Körpermaß des Muttertiers in Betracht zieht. Bedenkt man jedoch, daß Thelyphonus in einem recht unfertigen Zustand die Eihüllen verläßt und noch lange nachher seine Nahrung von dem mitgebrachten Dottermaterial bestreiten muß, so kann uns dieser Dotterreichtum der Eier nicht weiter Wunder nehmen. Daß die Nachkommenschaft durch diese Art der Brutpflege wesentliche Vorteile genießt, braucht kaum hervorgehoben zu werden;

denn es ist einleuchtend, daß nicht nur der Eiersack, die umspülende Flüssigkeit und die gleichmäßige Feuchtigkeit der äußeren Umgebung die Eier vor dem Eintrocknen schützt, sondern auch die in dieser Periode versteckte Lebensweise der Mutter die Brut vor den Angriffen vieler Feinde sichert.

Die Dauer der Embryonalentwicklung genau anzugeben, ist schwer; sie mag 4—5 Wochen betragen. Sie ganz bestimmt anzugeben, ist mir deßhalb schon unmöglich, weil mir die Aufzucht in den Terrarien nie gelang, da die Tiere dort ausnahmslos und zu meinem großen Verdruß ihre Eier stets auffrassen. Man findet Weibchen mit noch jungen Embryonen im Eiersack nach meinen Erfahrungen von Oktober bis Ende Dezember, so daß demnach die Vermehrung des Thelyphonus in die regenreichste Periode des Jahres, in die Zeit des West-Monsuns fällt, in der überhaupt sehr viele Tropentiere ihr Fortpflanzungsgeschäft verrichten.

Das eben abgelegte Ei hat eine gelblich-weiße Farbe und ist außerordentlich dotterreich. Seine Gestalt ist nicht vollkommen rundlich, sondern hat ein etwas mehr ovales Aussehen. Es wird von zwei dicht einander anliegenden dünnen Häuten umschlossen, von denen die äußere Membran, das Chorion, hellbraun gefärbt erscheint und auf seiner Oberfläche eine sehr feine Punktierung erkennen läßt, während die innere, die Dotterhaut, sich als eine sehr zarte, aber widerstandsfähige, strukturlose und glashelle Hülle erweist. — Wie nun der Embryo sich aus diesem Eimaterial aufbaut und allmählich seine äußere Modellierung gewinnt, habe ich schon früher an einem anderen Ort kurz beschrieben; sie ist später auch noch von Schimkewitsch viel eingehender studiert worden. Auf sie hier noch näher einzugehen, habe ich umso weniger Veranlassung, als die dort niedergelegten Betrachtungen rein morphologischer Natur sind. —

Sobald der Embryo seine definitive Ausbildung im Ei erlangt hat, durchbricht er die Hüllen vermittelst kleiner, an der Basis der Beine festsitzenden Dornen. Es sind embryonale Organe, und ich habe sie deshalb „Eizähne“ genannt, weil sie, an einer Stelle der kräftigsten Hebelwirkung gelegen,

imstande sind, die Eimembranen zu zerreißen. Sie kommen nicht nur an der Basis der vier Extremitäten vor, sondern finden sich in der gleichen Lage auch an den Kieferfühlern und Kiefertastern. Folgt man den Tieren beim Ausschlüpfen, so sieht man, daß auch die ersten Risse in der Schale in jener Gegend auftreten, in welcher beim Embryo diese Eizähne liegen. Solche Einrichtungen sind auch bei anderen Arachniden, z. B. bei Tegeneria von Purcell und ebenso bei Phalangiden und Myriapoden (Strongylosoma) nachgewiesen worden.

Der junge Thelyphonus hat ein sehr eigentümliches Ansehen und ähnelt zunächst in seinem Äußeren sehr wenig der Gestalt der erwachsenen Tiere (Taf. III, Abb. 3). Die Farbe ist im Ganzen weißlich gelb, weil seine Chitinhaut noch weich und durchsichtig und der Hinterleib noch ganz mit gelbem Dotter erfüllt ist. Dabei hat das Abdomen, im Gegensatz zu der mehr abgeplatteten der Erwachsenen, eine walzenartige Form. Die Spitzen der Mandibeln sind ziegelrot gefärbt, die langen, schlauchförmigen Beine und der Schwanzfaden aber zart rosa angehaucht. Alle acht Beine tragen an den Enden anstatt der Krallen Haftscheiben (nicht Saugnäpfe), die auf der Innenseite mit winzigen, dreieckigen Chitindörnchen besetzt sind. Die Segmentierung ist an dem ganzen Körper schon vorhanden, allein sehr undeutlich, mit Ausnahme des Hinterleibes. Erst Reagentien machen diese Gliederung prägnanter sichtbar.

Die Tierchen machen einen sehr unbeholfenen Eindruck; sie kriechen langsam und bedächtig auf ihrer Erzeugerin umher, und eine Mutter mit ihren aufsitzenden Jungen, die ihrem Hinterleib auf Rücken und Bauch anhaften und selbst die oberen Teile der Beine umschlingen, gewährt dem Zoologen einen ebenso anziehenden, wie durch seine Buntheit reizvollen Anblick (Taf. III, Abb. 2).

Die oben beschriebene larvenähnliche Gestalt besitzt das junge Tier beim Ausschlüpfen. Da aber mittlerweile die noch überall im Körper und vor allem im Abdomen verteilte Dottermenge dem Stoffwechsel weiter dienstbar gemacht wurde, wächst unser Thelyphonus. Sein Chitinkleid wird ihm zu

eng und platzt in der Medianlinie des Rückens. Mühsam windet er sich aus seinem Exuvium heraus. Nach dieser ersten Häutung hat das Tier schon eine dem Erwachsenen viel ähnlichere Körperform. Nicht nur das Abdomen hat seine walzenförmige Gestalt eingebüßt, es ist schlanker und etwas platter geworden; auch die Kiefertaster sind jetzt im Besitz der Scherenglieder, die bisher noch fehlten, und alle Gangbeine sind mit einer Doppelklaue versehen. Die Farbe ist noch die gleiche, nur daß nun auch die Maxillopalpen an ihrem Scherenglied einen rötlichen Schimmer aufweisen (Taf. III, Abb. 4). Noch immer trägt es dann die Mutter mit sich umher und noch bildet der Dottergehalt seines Leibes die ausschließliche Nahrung. Erst nach einer abermaligen, zweiten Häutung, wird es zu einem selbständigen Wesen. Es ist dann mit allen seiner Art zukommenden Attributen ausgerüstet und unterscheidet sich nur noch durch seine Färbung, die durch ihr Graugrün, an die unserer „Butterkrebse" erinnert. Jetzt verläßt es sein Muttertier und nimmt seinen Weg durch den Gang des Brutraumes in die Außenwelt, in der es von nun an auf eignen Nahrungserwerb angewiesen ist.

Wie hat sich inzwischen nun das Muttertier selbst verhalten? Es ist während der Brutperiode sehr ermattet und befindet sich in einem lethargischen Zustand. Da es in dieser Zeit keine Nahrung zu sich genommen und auch den Stoffverbrauch durch die Eiproduktion ein recht beträchtlicher gewesen ist, ist der Hinterleib sehr stark zusammengefallen, die Ovarialröhren sind zu dünnen Strängen eingeschrumpft, die Mitteldarmdrüse hat an Volumen gewaltig abgenommen, und die Gelenkhaut zwischen Rücken- und Bauchplatten ist stark zusammengezogen und hat tiefe Falten. Aus diesem Ermattungszustand vermögen sich nun wenige Weibchen zu erholen. Ihr größter Teil geht wohl, nachdem er der Erhaltung der Art genügt hat, sehr bald zu Grunde.

Wann der Thelyphonus geschlechtsreif wird, ist eine Frage, die an dieser Stelle noch zu erörtern wäre. Leider aber reichte mein Aufenthalt auf Java nicht aus, um sie beantworten zu können. Die verschiedenen Altersstufen, die ich sammelte,

weisen darauf hin, daß das Wachstum sehr langsam erfolgt, und die definitive Größe und damit wohl auch die Geschlechtsreife nicht im ersten, vielleicht auch noch nicht im zweiten Jahr erreicht sein wird. —

Ich bin am Ende meiner kleinen Skizze! — Dir, mein trefflicher Freund, sei sie gewidmet in alter Herzlichkeit und in liebem Erinnern an unsere Studienzeit in Würzburg und die vielen gemeinsamen Lehrjahre in Bonn! Bloß Bruchstücke sind es, die ich Dir hier bieten konnte, nur Episoden aus einer Lebensgeschichte, die in allen Einzelheiten auszuführen, mir versagt geblieben ist, — einem Gemälde vergleichbar, dem die feste, verbindende Linie für die lockeren Konturen und die Harmonie die Farbenstimmung noch fehlen. – Immer wird ja „die Andacht zum Kleinen" das Fundament sein, auf dem jede echte Wissenschaft sich aufbaut. Wer aber wollte auch hier sich vermessen, nur eine der tausend Fragen, die das Wechselspiel eines lebendigen Organismus uns auferlegt, in beschränkter Frist und nach ihrem Wesensinhalt wirklich und endgültig gelöst zu haben? — Daher schließe ich diese anspruchslose Schilderung mit den gleichen Worten, die einst, vor 500 Jahren, der große Niederländer Jan van Eyck in tiefer Bescheidenheit unter seine Bilder zu setzen pflegte: „Als ikh kan".—

Literatur:

Blanchard, E. L'organisation du règne animal. Arachnides. Paris 1861.

Brongniart & Gaubert. Fonctions de l'organe pectiniforme des Scorpions. Compt. rend. Ac. des Sc. Paris. Tome 113. 1891.

Heymons, R. Beobachtungen an asiatischen Solifugen. Anhang d. Abhandl. d. preuß. Akad. d. Wiss. Berlin 1902.

Pergandes, Th. Habits of Thelyphonus. Proceed. Entomol. Soc. Washington. Vol. I. 1886.

Schimkowitsch, W. Die Entwicklung von Thelyphonus caudatus. Z. f. wiss. Zool. Bd. 81. 1906.

Strubell, Ad. Zur Entwicklungsgeschichte der Pedipalpen. Zool. Anzeiger 1902.

Tarnani, J. Die Genitalorgane des Thelyphonus. Biol. Centralbl. Bd. 9. 1889—90.

„Pfisters Mühle".

Ein Kapitel aus der Geschichte der Biologischen Wasseranalyse.

Von

August Thienemann (Plön).

„Es war eben ein Herbst- und Wintergeruch, den weder die dörflichen und städtischen Gäste, noch die Mühlknappen und die Räder und mein armer fröhlicher Vater ihrerzeit länger zu ertragen vermochten. Und die Fische auch nicht — jedesmal, wenn der September ins Land kam.

Damit begann nämlich in jeglichem neuen Herbst seit einigen Jahren das Phaenomen, daß die Fische in unserm Mühlwasser ihr Mißbehagen an der Veränderung ihrer Lebensbedingungen kundzugeben anfingen. Da sie aber nichts sagten, sondern nur einzeln oder in Haufen, die silberschuppigen Bäuche aufwärts gekehrt, auf der Oberfläche des Flüßchens stumm sich herabtreiben ließen, so waren die Menschen auch in dieser Beziehung auf ihre eigenen Bemerkungen angewiesen . . .

Erfreulich war's nicht anzusehen. Aus dem lebendigen, klaren Fluß, der wie der Inbegriff alles Frischen und Reinlichen durch meine Kinder- und ersten Jugendjahre rauschte und murmelte, war ein träge schleichendes, schleimiges, weißbläuliches Etwas geworden, das wahrhaftig niemand mehr als Bild des Lebens und des Reinen dienen konnte. Schleimige Fäden hingen um die von der Flut erreichbaren Stämme des Ufergebüsches und an den zu dem Wasserspiegel herabreichenden Zweigen der Weiden. Das Schilf war vor allem übel anzusehen, und selbst die Enten, die doch in dieser Beziehung vieles vertragen können, schienen um diese Jahreszeit immer meines Vaters Gefühle in betreff ihres beiderseitigen Haupt-

lebenselementes zu teilen. Sie standen angeekelt um ihn herum, blickten melancholisch von ihm auf das Mühlwasser und schienen leise gackelnd, wie er, zu seufzen: „Und es wird von Woche zu Woche schlimmer, und von Jahr zu Jahr natürlich auch!“ . . .

„Guck, da kommen wiederum ein paar Barsche herunter, den Bauch nach oben; und daß man einen Aal aus dem Wasser holt, das wird nachgerade zu einer Merkwürdigkeit und Ausnahme. Kein Baum wird denen am Ende zu hoch, um auf ihm dem Jammer zu entgehen; und ich erlebe es noch, daß demnächst noch die Hechte ans Stubenfenster klopfen und verlangen, 'reingenommen zu werden, wie Rotbrust und Meise zur Winterszeit.“ —

Jeder Biologe, der mit der Wirkung der Abwässer auf die Fischerei vertraut ist, wird in den eben angeführten Sätzen eine zwar poetisch verklärte, aber dabei überaus plastische und naturgetreue Schilderung eines Fischsterbens in einem durch organische Abwässer verunreinigten Flusse erkennen. Die schleimigen Fäden der Abwasserpilze, von denen die Rede ist, zeigen deutlich, daß es sich um faulende organische Wässer handelt. Und da es ein „Herbst- und Wintergeruch“ ist, der dem im Sommer klaren Wasser entströmt, da das Fischsterben jedesmal erst im Herbst einsetzt, so wird der Kenner auch ohne weiteres auf eine Zuckerfabrik als den Urheber der Verunreinigung schließen; arbeiten doch nur diese Fabriken ausschließlich im Herbst und Winter, verunreinigen sie doch nur jedesmal während dieser sog. Kampagne die Vorfluter in charakteristischer, für das Fischleben verhängnisvoller Weise. Aber erstaunt wird der Biologe sein, wenn er hört, von wem diese Schilderung stammt und wann sie verfasst ist.

Sie findet sich im Beginne des „Neunten Blattes“ einer der schlichtesten und sonnigsten, dabei aber recht wenig bekannten Erzählungen Wilhelm Raabes, „Pfisters Mühle“, der Raabe den bezeichnenden Untertitel „ein Sommerferienheft“ gab, die aber der Hydrobiologe nicht mit Unrecht den „Roman der Abwasserbiologie“ nennen könnte. Raabe hat „Pfisters Mühle“ in der Zeit vom 19. März 1883 bis zum

8. Mai 1884 niedergeschrieben. Damals aber hatten bisher nur ganz vereinzelte Forscher den Versuch gemacht, die Tier- und Pflanzenwelt der Gewässer zur Beurteilung ihres Reinheitsgrades zu verwerten; was wir heute „Biologische Wasseranalyse“ nennen, war nur im allerfrühesten „Embryonalstadium“ vorhanden.

Wie kam Wilhelm Raabe dazu, die Verunreinigung eines Flusses durch eine Zuckerfabrik und die Feststellung der Ursache der Verunreinigung mit Hülfe der „Biologischen Wasseranalyse“ zu einem Hauptthema seines Romanes zu wählen?

Gewiß eine Frage, die auch für den modernen Hydrobiologen, dem die Geschichte seiner Wissenschaft auch als etwas Erforschenswertes gilt, von Interesse ist!

Aber ehe wir an ihre Beantwortung herangehen, müssen wir erst den Inhalt unseres „Sommerferienheftes“ in Kürze kennen lernen, wenigstens insofern er mit dem Problem der „Biologischen Wasseranalyse“ zu tun hat.

Denn, — wie Heinrich Spiero in seiner schönen Raabebiographie sagt — in Pfisters Mühle sind „zwei Ideengänge ineinander verschlungen: das Versinken eines Künstlers, der nur den Fluch der Kunst besitzt, die Sänftigung dieses Sturzes durch die Frauenhand einer liebenden Tochter und der Zusammenprall des alten und des neuen Zeitalters an einer besonders zu solcher Begegnung geschickten Stelle“. Nur dieses zweite Motiv wollen wir aus Raabes — wie immer — überaus fein-künstlerisch aufgebauter Erzählung herausschälen und möglichst mit des Dichters eigenen Worten im Zusammenhang wiedergeben.

I.

In einer hellen, weiten, wenn auch noch grünen, so doch von Wald und Gebüsch schon ziemlich kahl gerupften Ebene war Pfisters Mühle, neben dem Dorfe, ungefähr eine Stunde von der Stadt, gelegen. Aus dem Süden kam der kleine Fluß her, dem sie ihr Dasein verdankt. Ein deutsches Mittelgebirge umzog dort den Horizont; aber das Flüßchen hatte

seine Quelle bereits in der Ebene und kam nicht von den Bergen. Wiesen und Kornfelder bis in weiteste Ferne; hier und da zwischen Obstbäumen ein Kirchturm, einzelne Dörfer überall verstreut, eine vielfach sich windende Landstraße von Pappelbäumen eingefaßt, Feld- und Fahrwege nach allen Richtungen, dann und wann auch ein qualmender Fabrikschornstein, und im Nordosten des Dörfchens die Dunstwolke und die Türme der Stadt.

Seit dem Beginne des achtzehnten Jahrhunderts haben die Pfister die Mühle besessen; jetzt dient sie nicht nur dem Mahlen des Korns, sie ist eine vielbesuchte Gastwirtschaft und „Exkneipe", zu der Patrizier und Plebejer, Philister, Professoren und Studenten hinauspilgern, um sich an Vater Pfisters Bier, Grog und Glühwein zu laben oder Kaffee an seinem großen Herde zu kochen. Ein lustiges Treiben der akademischen und nichtakademischen Jugend entwickelt sich hier vor allem an schönen Frühlings- und Sommertagen, und Vater Pfister ist fröhlich unter den Fröhlichen.

Aber — „Wie es anfing übel zu riechen in Pfisters Mühle", so ist das „achte Blatt" der Erzählung überschrieben. „Meister Pfister, daß Sie uns recht sind, das wissen Sie; aber aushalten tut das bei Ihnen keiner mehr, der Parfüm ist zu giftig". Damit kündigen die Mühlknappen. „Mit dem besten Willen, es geht nicht länger, Vater Pfister; das bringt kein Doppelmops, kein Kardinal, kein Pariser Numero Zwei, keine Habanna und kein Varinas oder sonstig Kraut in keiner Nase und Pfeife mehr herunter, dieser Gestank kriegt alles tot!" Damit blieben auch die besten alten Freunde und urältesten treuen Stammgäste mehr und mehr weg. Und der Müller und Krugwirt Pfister selbst wurde mißmutig und an Leib und Seele immer kränker, wenn er die Verunreinigung seines Mühlbaches sah und die immer stärker werdende Verpestung seiner Mühle roch. Zwar spülten ja die Vorfrühlingsfluten vom Gebirge her allen Schlamm und Wust vom Grund und von dem Ufergebüsch des Flusses wieder ab und fort: aber im nächsten Herbst ist das Unglück von neuem und in stetig stärkerem Maße wieder da!

Da beauftragt er Dr. Adam Asche, der dem Sohne des Müllers früher die Anfangsgründe des Lateinischen beigebracht hat, und jetzt an der Erfindung der „chemischen Wäscherei“ arbeitet, mit der Untersuchung des Falles. Verdacht haben beide schon auf die oberhalb der Mühle gelegene Zuckerfabrik Krickerode; und in den Weihnachtstagen, als sich der Geruch des mit Borsdorfer Äpfeln gefüllten Gänsebratens in der Mühle mit Schwefelwasserstoff, Ammoniak und salpetriger Säure mischt, nimmt Adam Asche die Untersuchung vor.

Zuerst: „Vater Pfisters Elend unterm Mikroskop“: „Schleim und Schmiere aus dem Mühlgerinn“ — so nennt Vater Pfister die schleimschlüpfrige Masse —, „Pilzmassen mit Algen überzogen und durchwachsen“ — so nennt sie Dr. Asche. Sie werden unters Mikroskop gelegt. Und nun stellt Asche seine Diagnose:

„Wie ich es mir gedacht habe, was das interessante Geschlecht der Algen anbetrifft, meistens kieselschalige Diatomeen. Gattungen Melosira, Encyonema, Navicula und Pleurosigma. Hier auch eine Zygnemacee . . . Was die Pilze betrifft, so kann ich leider nicht umhin, Ihnen mitzuteilen, daß sie den Geruch, über den sie sich beklagen, durch ihre Angehörigkeit zu den Saprophyten, auf deutsch: Fäulnisbewohnern, vollkommen rechtfertigen. Was wollen Sie denn eigentlich, alter Schoppenwirt? Ein ewig Kommen und ein ewig Gehen! Haben die Familien Schulze, Meier und so weiter den Verkehr in Pfisters Mühle eingestellt, so haben Sie dafür die Familien den Schizomyceten und Saprolignaceen in fröhlichster Menge, sämtlich mit der löblichen Fähigkeit, statt Kaffee in Pfisters Mühle zu kochen, aus den in Pfisters Mühlwasser vorhandenen schwefelsauren Salzen in kürzester Frist den angenehmsten Schwefelwasserstoff zu brauen. Lauter alte gute Bekannte — Septothrix, Ascococcus Billrothii, Cladothrix Cohn und hier — Begiatoa alba!“

„Was? Wo?“ fragt Vater Pfister.

Und Dr. Asche sagt nur das eine Wort: „Krickerode!“ Dann fährt er fort: „Begiatoa alba. Von einem von uns ganz

speziell für Sie erst neulich zu Ihrer Beruhigung in den Ausflüssen der Zuckerfabriken entdeckt. alter Freund. Was wollen Sie? Pilze wollen auch leben, und das Lebende hat Recht oder nimmt es sich. Dieses Geschöpf ist nun mal mit seiner Existenz auf organische Substanzen in möglichst faulenden Flüssigkeiten angewiesen, und was hat es sich um Pfisters Mühle und Kruggerechtsame zu kümmern? Ihm ist recht wohl in Ihrem Mühlgerinne und Rädern, Meister, auch das gebe ich Ihnen schriftlich, wenn Sie es wünschen; und Kollege Kühn, der zuerst auf das nichtsnutzige Gebilde aufmerksam wurde und machte, setzt Ihnen gern seinen Namen mit unter das Attest."

Darauf: am nächsten Tag verfolgt Adam Asche den Unrat den Bach aufwärts bis zu seinem Ursprung. Der alte Mühlknappe trägt einen Korb leerer Flaschen. Proben des blaugrauen, schleimigen Flußwassers werden zwischen dem mit „chlorophyllfreien Organismen" behängten Uferschilf entnommen und mit Bezeichnung der Stelle versehen, wo die geschändete Najade um eine Probe angegangen worden war. Je höher flußaufwärts, um so unsauberer wird das Wasser; mehr als ein auf der Seite liegender Fisch treibt vorbei.

Da: über der Mündung eines winzigen Nebenbaches, der eine von einer klebrig stagnierenden Flüßigkeit überschwemmte Fläche entwässert, erheben sich die Schornsteine der Zuckerfabrik Krickerode! Und aus der Fabrik ergießt sich ein dunkler Strahl heißer, schmutzig gelber Flüssigkeit, der erst den Bach zum Dampfen bringt und sich dann mit ihm über die weite Fläche verbreitet, die als „Wiese" nicht mehr zu bezeichnen ist. —

Dr. Asche verfaßt ein gelehrtes Gutachten, von höchstem wissenschaftlichen Werte. Rechtsanwalt Dr. Riechei führt auf dieser Grundlage den Prozeß „Pfisters Mühle contra Krickerode" von Instanz zu Instanz, bis schließlich Krickerode rechtskräftig verurteilt wird. Das Erkenntnis untersagt der Fabrik „bei hundert Mark Strafe für jeden Kalendertag, das Mühlwasser von Pfisters Mühle durch ihre Abwässer zu verunreinigen und dadurch einen das Maß des Erträglichen über-

steigenden üblen Geruch in der Turbinenstube und den sonstigen Hausräumen zu erzeugen, sowie das Mühlenwerk mit einer den Betrieb hindernden schleimigen schlingpflanzenartigen Masse in gewissen Monaten des Jahres zu überziehen."

Aber Vater Pfister ist inzwischen ein alter, müder Mann geworden; er sieht ein, daß man sich gegen die „Neue Welt und Zeit" doch nicht anstemmen kann und „daß der richtige Mensch am Ende auch nicht die reine Luft, die grünen Bäume, die Blütenbüsche und das edle klare Wasser von Quell, Bach und Fluß nötig hat, um ein rechter Mann zu sein". Er bestimmt auf seinem Totenbette, daß Pfisters Mühle und ihre Gerechtsame im geeigneten Zeitpunkt an die Zuckerfabrik verkauft werden sollen; und so geschieht's denn auch.

II.

Die Biologische Wasseranalyse ist die Beurteilung der chemischen Zusammensetzung eines Wassers auf Grund seiner Fauna und Flora.

Sie stellt einen Zweig der angewandten Hydrobiologie dar, der sich naturgemäß erst entwickeln und schließlich weitgehende Selbständigkeit gewinnen konnte, nachdem die theoretische Hydrobiologie, die Wissenschaft vom Leben im Wasser, sich eine eigene, geachtete Stellung im Kreise der übrigen biologischen Wissenschaften errungen hatte. Erst um die Wende des 19. Jahrhunderts tritt die Biologische Wasseranalyse recht in die Öffentlichkeit; das Erscheinen des Buches von C. Mez „Mikroskopische Wasseranalyse, Anleitung zur Untersuchung des Wassers mit besonderer Berücksichtigung von Trink- und Abwasser" (Berlin 1898), sowie vor allem die Veröffentlichung der „Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna" von R. Kolkwitz und M. Marsson (Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung Heft 1 1902) sind die Marksteine, von denen aus sich die Biologische Wasseranalyse als besondere Disziplin ihren eigenen Weg gebahnt hat.

Was vorher auf diesem Gebiete geleistet war, knüpft sich fast ausschließlich an den Namen Ferdinand Cohn's

an (vgl. für die folgende kurze historische Übersicht die oben zitierten Werke von Mez und Kolkwitz und Marsson, in denen sich genaue Literaturangaben finden).

Nachdem Ferdinand Cohn schon 1852 und 1866 eine große Zahl von Brunnenwasserproben mikroskopisch untersucht und seine Beobachtungen im einzelnen veröffentlicht hatte, fasste er 1875 seine allgemeinen Ergebnisse zusammen und stellte zum ersten Male ein „Saprobiensystem" auf, d. h. er gruppierte die in Brunnenwässern von ihm gefundenen Tiere und Pflanzen nach der Menge der faulenden Stoffe, die sie vertragen resp. anzeigen. Auch die erste Beschäftigung Ferdinand Cohns mit den Organismen von Abwässern geht bis auf das Jahr 1852 zurück. „An der Weistritz bei Schweidnitz in Schlesien begann im genannten Jahre eine Melassebrennerei ihren Betrieb. Ihrer Abwässer und der Brennereirückstände entledigte sie sich dadurch, daß sie dieselben in die Weistritz einließ. Aus diesem Bach entnahm damals die „Wasserkunst" der Stadt Schweidnitz das Wasser. Zu nicht geringem Schrecken der Stadtverwaltung nahm damals das Trink- und Gebrauchwasser dieser Stadt rasch eine Beschaffenheit an, welche es für alle Zwecke, nicht nur für den Genuß, sondern auch für den Hausgebrauch, vollständig untauglich machte. Das Wasser wurde schlammig und übelriechend, ja stinkend; es führte große wollflockenartige Rasen eines weißen oder grauen, schleimigen Organismus mit sich, welche dem damaligen Breslauer Botaniker Göppert zur Untersuchung übergeben wurden.

Die Bestimmung dieses Organismus, die Erkennung desselben als den damals noch selten beobachteten *Leptomitus lacteus* ist Cohn zu verdanken, wenn auch Göppert den Bericht über die Untersuchung abstattete und darin seines Mitarbeiters nicht gedachte" (Mez, l. c. p. 319–320).

Aus dem Jahre 1873 liegt dann eine Veröffentlichung von Gérardin vor, der über die Verunreinigung eines Flüßchens in der Nähe von Paris durch die Abwässer von Zucker- und Stärkefabriken berichtete. „Dem Wasser entstiegen so intensive Schwefelwasserstoffgerüche, daß das blanke Kupfer-

geschirr in den Küchen der am Ufer gelegenen Häuser anlief; in einem Wassermühlrad allein hatten sich über 20 kg Beggiatoen (Schwefelbakterien) festgesetzt" (Kolkwitz und Marsson l. c. p. 36).

Im Anfang der achtziger Jahre wurden die Befunde Cohns und seiner — wenigen — Nachfolger auch in den Lehrbüchern der Hygiene aufgeführt; aber eine rechte Bedeutung gewann die Methode der biologischen Wasseranalyse noch nicht — es mußte ein Vierteljahrhundert verstreichen, bis ihre Bedeutung und ihr Wert für die Praxis wirklich allgemein anerkannt wurde.

Da die Abwässer der Rohzuckerfabriken allmählig eine allgemeine Kalamität für die Vorfluter und deren Anwohner geworden waren, wurde eine preußische Regierungskommission zur Untersuchung dieser Abwässer gebildet. Zu ihr gehörte auch Ferdinand Cohn, und in ihrem Auftrage veröffentlichte er 1882 sein „Gutachten über die Abwässer verschiedener Rübenzuckerfabriken im Winter 1881, erstattet auf Grund mikroskopischer Untersuchungen". Dieses Gutachten erregte allgemeines Aufsehen in den interessierten Kreisen; ein zweites ähnliches Gutachten veröffentlichte Cohn 1886: in ihm wird zum ersten Mal auf die in Abwässern regelmäßig vorkommenden Wasserpilze und anderen Abwasserorganismen hingewiesen, es wird auf die spezifische Bedeutung derselben aufmerksam gemacht". (Mez l. c. p. 320.)

Aber dieses zweite Cohnsche Gutachten fällt schon in die Zeit nach Erscheinen von „Pfisters Mühle".

Raabe schrieb seine Erzählung, wie oben schon bemerkt, von 1883 bis 1884.

1882 war Ferdinand Cohns erstes Zuckerfabrikgutachten erschienen.

Nun liegt ja bekanntlich Braunschweig, damals schon Raabes Wohnsitz, im Zentrum der Zuckerindustrie. Es war wohl möglich, daß in den Braunschweiger Tageszeitungen über die Cohnschen Untersuchungen berichtet worden war, und daß Raabe aus solcher Quelle die Anregungen zu seinem abwasserbiologischen Roman empfangen haben konnte. Ist doch mit

dem „Kollegen Kühn“ in Pfisters Mühle zweifellos Ferdinand Cohn gemeint. Daß Raabe nicht direkt das Originalgutachten Cohns benutzt haben konnte, sondern aus zweiter Quelle geschöpft haben mußte, schien mir daraus hervorzugehen, daß gewisse lateinische Pflanzennamen in „Pfisters Mühle“ fehlerhaft wiedergegeben sind. So steht statt „Leptothrix“ — „Septothrix“, statt „Saprolegniaceen“ — „Saprolignaceen“, statt „Beggiatoa“ — „Begiatoa“. Diese — auch für einen Lateinkundigen, wie es Raabe war, — verzeihlichen Fehler konnten leicht auf ein fehlerhaftes Referat in irgend einem Tagesblatte zurückgehen.

Ich wandte mich daher an Raabes Freund, den Vorsitzenden der „Gesellschaft der Freunde Wilhelm Raabes“ und treuen Hüter und Verwalter seines Nachlasses, Herrn Geheimrat Professor Dr. Wilhelm Brandes in Wolfenbüttel, und trug ihm mein „abwasserbiologisches Raabeproblem vor“. Seiner freundlichen schriftlichen Auskunft, die er mir bei einem Besuch in Wolfenbüttel später mündlich ergänzte, verdanke ich den Hinweis auf den rechten Weg zur Lösung der Frage.

III.

Herr Geheimrat Brandes schrieb mir am 2. IV. 1924 folgendes:

„Auf Ihre Mitteilung, die „chemischen Ingredienzien von Pfisters Mühle“ betreffend, die mich in hohem Grade interessiert hat, habe ich Gelegenheit genommen, Frl. Gretchen Raabe, die älteste Tochter des Dichters, zu fragen, und sie hat mir die folgende Auskunft gegeben, die sich weiterverfolgen läßt. Ihr Vater hat die Akten eines Prozesses, der gegen die Zuckerfabrik Rautheim bei Braunschweig wegen Verunreinigung des Flußwassers geführt wurde, sich von dem chemischen Sachverständigen, Geheimrat Prof. Dr. Beckurts von der Technischen Hochschule, geben lassen und für seine Zwecke durchstudiert, und zwar schon im Jahre 1883; denn die Geschichte ist vom 19. März 1883 bis zum 8. Mai 1884 geschrieben worden. Daher seine Kenntnis, daher auch die angemerkten Schreib- oder Lesefehler, die eben nicht auf eine gedruckte, sondern auf eine geschriebene Vorlage zurückgehen. (Lepto —

Septo) . . . Wilhelm Raabe hatte immer ein Interesse für die Frage, schon im Abu Telfan (geschrieben 1865/67) Kap. 7. Anfang heißt es von der Katzenmühle: „Den Bach hat der Teufel — wollt' ich sagen, das 19. Jahrhundert geholt, und es ist ein Jammer und Schaden um seine Forellen . . . . oben im Lande war bereits der Grund zu den Fabriken gelegt, welche den Bach fraßen". Freilich hat es dabei noch nicht an eine Verschlämmung, sondern wohl an eine Ableitung und den fabrikmäßigen Verbrauch des Mühlenwassers, das ja nachher nur noch von dem vermorschten Rade tröpfelt, gedacht, aber oft mit uns zu Anfang der achtziger Jahre den Kopf geschüttelt und geschimpft, wenn wir den Wabebach auf dem Wege zum Grünen Jäger überschritten und das Wasser milchig schleichen sahen, und die Fische mit dem Bauche nach oben schwammen."

In gleicher liebenswürdiger Weise hat dann Herr Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Beckurts in Braunschweig meine weiteren Nachforschungen gefördert; sein Gutachten, das Raabe die Anregung zu „Pfisters Mühle" gab, war noch vorhanden; und als er es mir übersandte, begleitete er es mit folgenden Worten:

„Die dem Prozess zu Grunde liegenden Tatsachen sind die folgenden. Die Zuckerfabrik Rautheim führte ihre Abwässer durch die Wabe und die Mittelriede der Schunter zu, an welcher zwei Wassermühlen in Bienrode und Wenden liegen, welche durch Turbinen betrieben werden. Die Kammern der Turbinen, besonders in der dem Mühlenbesitzer Müller gehörigen Mühle in Bienrode, wuchsen durch Beggiatoen und andere Wasserpilze völlig zu, sodaß der Betrieb der Mühle zum Stillstande kam. Die gleichen Pilzwucherungen zeigten sich an den Ufern von Schunter und Wabe, sowie an allen in das Wasser eintauchenden Gegenständen, Zweigen von Bäumen, Schilf und dergl. Gleichzeitig trat in den Mühlen der Geruch nach Schwefelwasserstoff auf. Diese Tatsachen gaben Anlaß zu der Klage und erregten damals berechtigtes Aufsehen, weit eine solche Flußverunreinigung, die auf den Betrieb einer Zuckerfabrik zurückgeführt werden mußte, in unserer Gegend

noch nicht beobachtet war. Auch Wilhelm Raabe, mit dem ich damals im Klub der Kleiderseller gelegentlich verkehrte, interessierte sich für die Flußverunreinigung, ich mußte ihm davon erzählen und auch die Akten aushändigen, die ich Ihnen jetzt schicke. Ich hatte mich damals schon mit Ferdinand Cohn in Verbindung gesetzt . . . . . "

So erkennen wir denn in „Pfisters Mühle" die Müllersche Mühle in Bienrode; der Mühlenbach, der nicht in den Bergen des Harzes, sondern schon in der Ebene quillt, ist die Schunter; die Zuckerfabrik Rautheim heißt bei Raabe Krickerode und die Türme der Universitätsstadt am Horizont sind Braunschweigs Türme!

Wilhelm Raabe hat aus dem 1882 an das Herzogliche Amtsgericht Riddagshausen erstatteten „Bericht des Dr. phil. H. Beckurts, die Verunreinigung der Mittelriede und Schunter durch die Zuckerfabrik in Rautheim betreffend" einzelne Stellen fast wörtlich übernommen; ich werde an anderem Orte — in den Mitteilungen der Gesellschaft der Freunde Wilhelm Raabes — hierauf noch zurückkommen. Hier nur einige Beispiele:

Beckurts schreibt: „Dicht an der von Braunschweig nach Königslutter führenden Heerstraße ergießt sich aus der Zuckerfabrik Rautheim über eine zirka 0,5 m breite Holzrinne ein dicker Strahl einer heißen, schmutzig gelben Flüssigkeit in die dort entspringende Mittelriede. Jenseits der genannten Straße wird das Wasser des Flüsschens über zirka 20 Morgen Wiesenland künstlich geleitet, auf welchem sich die in dem Wasser suspendierten meist erdigen Bestandteile ablagern. Beim Wiedereintritt in das Flußbett ist das Wasser stark gefärbt und in hohem Grade übelriechend . . ."

Und bei Raabe lesen wir im „vierzehnten Blatt" von Pfisters Mühle: „. . . so umschritten wir den wohl zwanzig Morgen bedeckenden künstlichen Sumpf und gelangten unter der Mauer der großen Fabrik zu dem dunklen Strahl heißer, schmutzig-gelber Flüssigkeit, der erst den Bach zum Dampfen brachte und dann sich mit demselben über die weite Fläche verbreitete, die meine nächsten Vorfahren nur als Wiese ge-

kannt hatten. „So ist es nicht unerklärlich, daß beim Wiedereintritt des Wässerleins in deines Vaters Mühlwasser, mein Sohn Ebert, das nützliche Element trotz allem, was es auf seinem Überflutungsgebiete ablagerte, stark gefärbt, in hohem Grade übelriechend bleibt".“

Und wenn Adam Asche dann fortfährt: „Das, was ihr in Pfisters Mühle dann, laienhaft erbost, eine Sünde und Schande, eine Satansbrühe, eine ganz infame Suppe aus des Teufels oder seiner Großmutter Küche bezeichnet, nenne ich ruhig und wissenschaftlich das Produkt der reduzierenden Wirkung der organischen Stoffe auf das gegebene Quantum schwefelsauren Salzes“ — so entspricht dem in Beckurts' Gutachten der Satz: „Die Färbung des Wassers ist auf gelöste organische Substanzen, der Geruch auf in Zersetzung begriffene gleiche oder ähnliche Stoffe, wahrscheinlich auch auf Schwefelwasserstoff, der in Folge der reduzierenden Wirkung des letzteren auf gleichzeitig vorhandene schwefelsaure Salze entstanden, zurückführen.“

Auch den „Ascococcus Billrothii“ und „Cladothrix Cohn“, die „Schizomyceten“ und „Saproligniaceen“, die Adam Asche in dem Bewuchs des Pfisterschen Mühlrades findet, sind dem Gutachten Beckurts entnommen, und hier steht auch statt Saprolegniaceen „Saproligniaceen“!

Nur „Septothrix“ und die „Melosira, Encyonema, Navicula und Pleurosigma“ sind in den Gutachten nicht verzeichnet. Nun könnte man ja annehmen, daß diese Namen aus mündlicher Unterhaltung Raabes mit Beckurts stammten. Aber die Verstümmelung des „Leptothrix“ in „Septothrix“ spricht dagegen und lässt vermuten, daß auch hier eine schriftliche Vorlage vorhanden war. Und tatsächlich hatte Beckurts Proben von den auf den Turbinen der Bienroder Mühle wachsenden Pilzmassen Anfang 1883 Ferdinand Cohn zur Bestimmung gesandt; dessen Antwort gab Beckurts am 11. II. 1883 durch den Rechtsanwalt Semler zu den Prozeßakten. Leider war sie nicht mehr aufzufinden; ich glaube aber als sicher annehmen zu dürfen, daß in ihr die betreffenden Namen enthalten waren, und daß aus ihr Raabe diese entnommen hat

Dafür spricht vor allem auch dies: auf einer mir vorliegenden Karte Ferdinand Cohns aus dem Jahre 1885 ist das Wort „Leptothrix" so geschrieben, daß man es sehr wohl auch für „Septothrix" lesen kann! —

Aber Wilhelm Raabe hätte trotz aller, aus dem Gutachten des jungen Chemikers Dr. Beckurts entnommenen abwasserbiologischen Gelehrsamkeit die Schilderung der Verunreinigung des Pfisterschen Mühlbaches, mit der wir diese Skizze begonnen haben, nicht so naturgetreu und lebenswahr geben können, wenn er nicht aus eigener Anschauung solches Wasser gekannt hätte. Bei jedem Wetter, im Sommer wie Winter, wanderte am Donnerstagnachmittag der Raabekreis, der Klub der „Kleiderseller", nach dem Grünen Jäger, einer Wirtschaft, die östlich vor den Toren von Braunschweig, zwischen Kloster Riddagshausen und der Buchhorst etwas mehr als einen Kilometer südlich der Zuckerfabrik Rautheim liegt. Wenn die Freunde dann auf dem Damm zwischen Klosterteich und Wabebach dahinschritten, konnten sie alljährlich beobachten, wie sich im Herbst das vordem klare Wasser trübte, wie all die „dummen Pilze mit den grausamen lateinischen Namen" das Bachbett und Alles, was da hineinhing, mit schleimigen Fäden überzogen, wie die toten Fische hinabtrieben, und dem Bache üble Düfte entströmten.

Aktenstudium und eigene Naturbeobachtungen haben so Raabe in den Stand gesetzt, eine gradezu klassische Schilderung eines durch Zuckerfabrikabwässer verunreinigten Bachlaufes zu geben, wie sie besser auch der abwasserbiologische Fachmann nicht geben könnte.

* * *

„Nicht die größte, aber eine von den größeren Fragen der Zeit" behandelt Pfisters Mühle. „Deutschlands Ströme und Forellenbäche gegen Deutschlands Fäkal- und andere Stoffe. Germanias grüner Rhein, blaue Donau, blaugrüner Neckar, gelbe Weser gegen Germanias sonstige Ergießungen. Pfisters Mühle gegen Krickerode!"

Doch ist dies Thema „Wasserverunreinigung durch die aufblühende Industrie“ für Raabe nur ein „Spezialfall“ des weitumfassenderen, des Kampfes der alten gegen die neue Zeit. Doch man kann wohl trauern um das schwindende Idyll, aber die Entwicklung drum nicht aufhalten; denn „es ist eine Täuschung des Menschen, wenn er glaubt, daß die Bilder der Welt um ihn her stehen bleiben“, man muß schon am besten mit ihnen gehen! „Jetzt sagen Sie mir mal um Gottes willen, weshalb haben Sie eigentlich Krickerode nicht mitbegründet?“ fragt der Rechtsanwalt Dr. Riechei Vater Pfister. Man muß sich mit ihr abfinden „wissenschaftlich oder als Aktionär“. Und wenn Krickerode, das den Prozeß verloren, in Wahrheit schließlich doch über Pfisters Mühle siegt, „dann wird es wohl der liebe Gott für die nächsten Jahre und Zeiten so fürs beste halten“. Schließlich kann dem Menschen alles auf dieser Erde Wasser auf seine Mühle werden.

Der Hydrobiologe kann aber noch etwas ganz Besonderes „in Pfisters Mühle und Garten sehen, lernen und in Erfahrung bringen“.

Schon zwei Jahrzehnte, bevor die biologische Wasseranalyse als wichtiges Mittel im Kampf um die Reinhaltung unserer Gewässer unter den Gelehrten und Praktikern allgemeiner bekannt und staatlich anerkannt wurde, war sich Raabe, der Laie in Biologicis, über ihre Bedeutung voll im klaren und schrieb so sein „Sommerferienheft“.

Und darum gebührt „Pfisters Mühle“ und ihrem Dichter ein Ehrenplatz auch in der Geschichte der hydrobiologischen Wissenschaft!

Ueber die imaginale Lebensdauer der Kleidermotte, *Tineola biselliella* Hum.

Von
Erich Titschack in Hamburg.

Einleitung.

Die Entwicklungsdauer der Insekten ist häufig Gegenstand einer Untersuchung gewesen. Einzelne Insektenordnungen sind nach dieser Richtung fast erschöpfend durchgearbeitet, vor allem die Schuppenflügler, deren Zucht eine Fülle von Tatsachen zu Tage gefördert hat. Dagegen wurde der imaginalen Lebensdauer wenig Aufmerksamkeit geschenkt, und es ist erstaunlich, wie gering hier unsere gesicherte Kenntnis ist. Auch die zahlreichen Einzelangaben, die im Schrifttum verstreut sind, täuschen darüber nicht hinweg. Die Sichtung und Sammlung aller Beobachtungen verdanken wir A. Weismann (5), auf dessen Zusammenstellung alle heutzutage angeführten Angaben zurückgehen. So interessant die Ausführungen Weismanns vom teleologischen Standpunkte sind, so sind sie doch nur darauf gerichtet, die Zweckmäßigkeit eines langen oder kurzen Lebens zu ergründen. Die Lebensdauer als solche, das Warum eines kurzen oder langen Imaginallebens, bleibt außerhalb seiner Überlegungen. Versuche ich aber mit dieser Frage über die Lebensdauer Klarheit zu schaffen, so erweisen sich alle Literaturangaben als zu ungenau. Die meisten sind gelegentliche Feststellungen an Einzelstücken. Als einzige Ausnahme ist m. W. nur die Arbeit von P. und N. Rau zu nennen, die experimentell dem Grund der wechselnden imaginalen Lebensdauer nachgeht. Auf diese Veröffentlichung wird daher noch weiter unten zurückzukommen sein.

Das Fehlen von genauen Angaben über die imaginale Lebensdauer ist um so auffallender, als die aufeinanderfolgen-

den Auflagen des bekannten Buches von Korschelt (1) das vorhandene Interesse für die Frage der tierischen Lebensdauer bekunden. Ich begann daher bei meinen Untersuchungen über die Kleidermotte auch der imaginalen Lebensdauer meine Aufmerksamkeit zu schenken. Im Laufe der Jahre sammelte sich eine große Anzahl Beobachtungen an, die in dieser Arbeit genauer zusammengestellt werden sollen. Bei den verwickelten Verhältnissen ist es verständlich, daß auf den ersten Anhieb nichts Abgeschlossenes vorgelegt werden kann. Da die Fortsetzung der Versuche aber aus Mangel an Apparatur für die nächste Zeit nicht zu erwarten ist, entschloß ich mich schon jetzt, die feststehenden Ergebnisse zu veröffentlichen.

Die Wahl der Kleidermotte erwies sich als glücklich. Abgesehen davon, daß diese mir in beliebiger Anzahl zur Verfügung standen und in allen Einzelheiten vertraut sind, lassen sie sich zu jeder Jahreszeit ziehen; dann kann ich Imagines, denen im Raupenstadium genau dieselbe Nahrung geboten worden war, miteinander vergleichen; ferner vertragen die Vollkerfe Trockenheit und Feuchtigkeit in erstaunlichem Maße; schließlich nehmen die Schmetterlinge keine Nahrung auf. Letzteres vereinfacht die gestellte Aufgabe außerordentlich und war für die Wahl entscheidend. Denn gerade die gleichmäßige Fütterung der Imagines stellt sonst kaum überwindbare Anforderungen an die Versuchsleitung: einzelne Tiere derselben Art nehmen als Vollkerfe gar keine Nahrung auf, andere nur eine Zeitlang, einzelne fressen sofort, andere erst, wenn die Nahrung sich verändert hat, verdorben oder vertrocknet ist. All dem kann durch Ausschalten der betreffenden Versuche begegnet werden, ohne daß das Einschleichen von Versuchsfehlern ganz vermieden werden kann. Diese Vorsicht fällt bei einem nichtfressenden Vollkerf weg, und ich versprach mir an einfachen Verhältnissen, wo nur ein Faktor variiert, sicherere Ergebnisse, als wenn Mehreres zu berücksichtigen und gegen einander abzuwägen wäre.

Zur Untersuchung kamen Tiere, die ich schon in einer früheren Arbeit [(4) Tabelle 8 und 9, 15 und 16] besprochen habe. Sie stammten aus Zuchten, die bei 30° und 20° aus-

geführt waren. Zu diesen — sogenannte 30°- und 20°-Kontrollen — traten weitere, in denen die Raupen starker Feuchtigkeit oder Trockenheit ausgesetzt waren. Schließlich sind auch Zuchten direkt im Exsikkator bei den beiden Temperaturen ausgeführt worden. Zu diesen 8 Reihen kommen weitere 4, in denen die Versuchsschälchen nur eine Zeitlang der einen, dann der anderen Temperatur ausgesetzt wurden. Und zwar 1. 35 Tage 30°, dann 20°, 2. 11 Tage 30°, dann 20°, 3. 15 Tage 20°, dann 30°, 4. 46 Tage 20°, dann 30°. Als 13. Reihe sind die Nachkommen eines Weibchens von 10,8 mg zu nennen, die bei 30° ihre Entwicklung durchlaufen hatten. Aus diesen 13 Versuchen, in denen die gleiche Nahrung geboten wurde, standen mir 631 Schmetterlinge zur Verfügung. Dazu kamen 140 weitere Vollkerfe, die auf anderem Nährmaterial aufgezogen waren und mit denen die Prüfung des Temperatureinflusses auf die imaginale Lebensdauer vorgenommen wurde. Schließlich erwähne ich noch 75 Tiere, die den ersten Beitrag für den Einfluß der Raupenernährung auf die imaginale Lebensdauer zeigen sollten.

Für jedes dieser Tiere war die Entwicklungszeit (als Raupe und Puppe), das Gewicht [1]), die Länge und die imaginale Lebensdauer bestimmt. Letzteres geschah in Glasröhrchen — sog. Aspirinröhrchen, mit Metallverschluß von 13 ccm Inhalt, 86 mm Länge und 15 mm ϕ, — die liegend aufbewahrt wurden und den Tieren genügend Bewegungsfreiheit gaben. Ein Stückchen Stoff sorgte dafür, daß die Schmetterlinge die geeignete Unterlage vorfanden. Abgesehen von den Versuchen, die die Wirkung verschiedener Temperatur auf die Lebenslänge zeigen sollten, kamen alle diese Aspirinröhrchen in den Thermostaten von 30°. Täglich wurden die Röhrchen durchgesehen. Tiere im Vollbesitz ihrer Kräfte rannten beim Aufnehmen der Röhrchen lebhaft hin und her.

---

1) Da sich das Gewicht der Schmetterlinge während des Imaginallebens verändert, wurden die Tiere, die morgens bei der Durchsicht geschlüpft waren, einheitlich an demselben, ihrem ersten Lebenstage, gewogen.

Nach einer gewissen Zeit kündete die unbeholfene Beinbewegung den nahenden Tod an. Die Ausfallerscheinungen an den Extremitäten steigerten sich sehr schnell, bis nur noch ein geringes Zucken der Tarsen übrig blieb. Am nächsten Tage löste auch ein Kneifen mit dem Greifer (Pinzette) keine Beinbewegung mehr aus. Nur der züngelnde Ovipositor sprach vom noch vorhandenen Leben. Als tot wurden schließlich die Tiere angesprochen, bei denen die Labialtaster nicht angezogen, sondern weit und breit vom Kopf abgespreitzt waren.

Da die einzelnen Schmetterlinge zum Leben ihre Körpersubstanz verbrauchen und zwar um so schneller, je temperamentvoller sie sind und je lebhafter sie sich bewegen, müßte ein Schwanken der imaginalen Lebensdauer auftreten. Und tatsächlich ist das auch in jedem Versuche der Fall. Da ich aber von einzelnen Tieren absehe und nur mit Durchschnittswerten großer Stückzahlen arbeite, wird diese Variation ausgeglichen und kann vernachlässigt werden. Wenn trotzdem auch bei Durchschnittswerten aus vielen Bestimmungen Unterschiede auftreten, so müssen diese in der Verschiedenheit der Tiere selbst begründet sein; die äußeren Versuchsbedingungen, wie Temperatur, Lebensraum usw. waren ja für alle 631 Imagines dieselben. Ich mußte also versuchen, die wechselnde imaginale Lebensdauer auf die Verschiedenheit der Schmetterlinge zurückzuführen. Letztere unterscheiden sich durch ihr Geschlecht, durch das Gewicht, die Körperlänge und die Entwicklungszeit als Raupen. Dazu käme, daß einige kopuliert hatten, andere daran gehindert waren. Die Gliederung dieser Arbeit erfolgt daher so, daß ich I. mit der Beziehung der imaginalen Lebensdauer zu dem Geschlecht anfange, daran II. die Beziehung Lebensdauer und Gewicht, III. Lebensdauer und Entwicklungsdauer, IV. Lebensdauer und Körperlänge anschließe, und zum Schluß kurz V. den Einfluß verschiedener Raupenaufzucht und VI. verschiedener Temperatur auf die imaginale Lebensdauer streife.

I. Lebensdauer, Geschlecht und geschlechtliche Betätigung.

Von den 631 oben erwähnten Tieren, die mit gleichem Nährboden hochgezogen waren und deren Imaginalleben sich bei 30° abspielte, waren 311 Männchen und 320 Weibchen. Ein Teil der Schmetterlinge wurde ursprünglich zur Kopulation gebracht, später zeigte sich, daß diese häufig unbeabsichtigt erfolgt war, da bei 30° das Schlüpfen explosionsartig vor sich ging und früh bei der Durchsicht schon befruchtete Tiere vorgefunden wurden. Nicht nur das. Die vollzogene Kopulation konnte nur bei den Weibchen mit Sicherheit — an den sich weiter entwickelnden Eiern — festgestellt werden. Bei den Männchen war das nur möglich, wenn sich in einem Schälchen ein Pärchen befunden hatte und das Weibchen sich als befruchtet herausstellte. Waren dagegen mehrere Männchen und ein Weibchen da, so war nicht zu entscheiden, welches Männchen oder sogar welche Männchen ihren Geschlechtstrieb ausgeübt hatten. Oft habe ich beobachtet, daß die Männchen mehrmals kopulieren und daß die 2. Paarung fast immer erfolgreich ist. Da sich im weiteren Verlauf der Untersuchung zeigte, daß eine einmalige Kopulation auf die Lebensdauer der Männchen einen nur geringen Einfluß hatte, unterließ ich hier eine Trennung und habe die Ergebnisse für die Männchen mit und ohne Kopulation, wie auch für die zweifelhaften Tiere zusammengefasst. Bei den Weibchen dagegen ist immer zwischen befruchteten und unbefruchteten unterschieden worden.

Fasse ich alle 631 Ergebnisse zusammen, so lebten die Männchen durchschnittlich 14,0, die unbefruchteten Weibchen 11,9, die befruchteten 8,2 Tage. Für die einzelnen Versuche habe ich die Werte in folgender Tabelle 1 zusammengestellt, wobei ich mich aus Sparsamkeitsgründen auf nur 9 beschränke.

Tabelle 1. Imaginale Lebensdauer in den verschiedenen Versuchen.
(Durchschnittswerte aller Tiere.)

	30° Kontrolle	30° Feucht	30° Trocken	30° Exsikkat.	20 Kontrolle	20° Feucht	20° Trocken	20° Exsikkator	♀ 10,8 mg	
♂	13,4	16,3	12,5	12,0	15,4	14,8	15,3	15,3	13,5	Tage
♀ unbefruchtet	10,7	11,9	10,8	8,9	14,1	13,4	14,1	12,5	10,6	Tage
♀ befruchtet	7,2	7,2	6,4	—	10,7	7,8	9,7	—	8,0	Tage

Wir sehen hieraus, daß auch in jedem Einzelversuch die Männchen länger leben als die Weibchen, von den letzteren sterben die befruchteten bedeutend schneller ab als die unbefruchteten. Diese Tatsache ist überraschend, gibt doch Weismann an, daß die Insektenmännchen nicht so lange leben wie die Weibchen und nur die Strepsipteren, einige Blattläuse, Bienen und Ameisen eine Ausnahme machen. Auch ich hätte die Männchen für kurzlebiger gehalten, da sie viel temperamentvoller sind und durch ihre dauernde Bewegung ihre Körpersubstanz viel schneller aufzehren müßten als die Weibchen. Mein Ergebnis findet aber seine Erklärung in früheren Feststellungen [(3), S. 59 ff.], wonach die Männchen durchschnittlich 57,4 % ihres Anfangsgewichtes verlieren, während die Weibchen schon nach einem Verlust von 37,6 % — abgesehen von den abgelegten Eiern — sterben. Somit verfügt das Männchen über mehr somatische Körpersubstanz als das Weibchen. Warum freilich die befruchteten Weibchen ein kürzeres Leben haben, ist ohne weiteres nicht zu verstehen. Erst anatomische Untersuchungen, auf die ich an anderer Stelle zurückkomme, werfen hierauf ein Licht. Einiges zu diesem Abschnitt wird weiter unten nachzutragen sein.

II. Lebensdauer und Körpergewicht.

Werfen wir einen Blick auf die Tabelle 1, so sehen wir, daß die durchschnittliche Lebenslänge je nach dem Versuch beträchtlich schwankt. Wie ich an anderer Stelle gezeigt habe [(4), Tabelle 16], ist auch das Durchschnittsgewicht dieser Versuche verschieden. So lag es nahe, eine Beziehung

zwischen diesen beiden Variationen zu suchen. In Tabelle 2 und 3 habe ich die Männchen und Weibchen nach ihren Gewichten geordnet und die zugehörige Lebensdauer daneben gesetzt. Wenn auch für jedes Zehntel-mg Schmetterlinge hätten angeführt werden können, so war es doch ratsam, einige Gewichtsgruppen zusammenzufassen, da die Genauigkeit der Durchschnittswerte mit der zu Grunde gelegten Stückzahl wächst.

Tabelle 2. Beziehung zwischen Gewicht und imaginaler Lebensdauer bei den Männchen.

Gewicht der Männchen in mg	Anzahl der Männchen	Imagin. Lebensdauer in Tagen	Lebensdauer bei 1 mg Körpergewicht (G.—L.-Faktor)
0,8—1,4	28	10,5	8,8 Tage
1,5—1,7	30	11,9	7,5 „
1,8—1,9	33	12,9	7,0 „
2,0—2,1	34	14,2	6,9 „
2,2—2,3	34	14,0	6,2 „
2,4—2,5	37	14,5	6,0 „
2,6—2,8	31	14,8	5,5 „
2,9—3,4	22	15,4	4,8 „
3,5—4,1	20	15,3	4,1 „
4,2 4,7	20	15,9	3,6 „
4,8—5,9	22	16,5	3,2 „

Tabelle 3. Beziehung zwischen Gewicht und imaginaler Lebensdauer bei den Weibchen.

Gewicht der Weibchen in mg	Befruchtete Weibchen.			Unbefruchtete Weibchen.		
	Anzahl	Imagin. Lebensdauer in Tagen	Lebensdauer bei 1 mg Körpergewicht (G.—L.-Faktor)	Anzahl	Imagin. Lebensdauer in Tagen	Lebensdauer bei 1 mg Körpergewicht (G.—L.-Faktor)
2,0— 2,9	12	6,8	2,7 Tage	20	9,4	3,7 Tage
3,0— 3,4	28	7,2	2,3 „	16	9,6	2,9 „
3,5— 3,9	17	7,9	2,1 „	27	10,0	2,72 „
4,0— 4,4	16	8,3	1,96 „	20	11,3	2,7 „
4,5— 4,9				28	11,25	2,4 „
5,0— 5,9	10	8,7	1,6 „	32	12,2	2,3 „
6,0— 7,9	11	8,73	1,2 „	25	13,3	2,0 „
8,0— 9,9	13	11,2	1,1 „	25	14,3	1,6 „
10,0—14,7				20	15,4	1,4 „

Aus dem dritten und sechsten Stab der Tabellen sehen wir, daß die absolute Lebensdauer der schweren Tiere größer ist als die der leichten. Drei Unregelmäßigkeiten ändern an diesem Gesamtergebnis nichts.

Auch jeder Einzelversuch zeigt dasselbe, nur daß mit der geringen Stückzahl in den Gewichtsgruppen manchmal auch die Unregelmäßigkeiten in der Zunahme der Lebensdauer sich häufen. Als Beispiel führe ich die Nachkommen des Weibchens 10,8 mg an, den Versuch, der die meisten Schmetterlinge aufweist. (Tabelle 4.)

Tabelle 4. Dauer des Imaginallebens.
Durchschnittswerte aus einem Einzelversuch.

Gewicht in mg	Dauer des Imaginallebens in Tagen			
	Männchen mit Kopulation	Männchen ohne Kopulation	Befruchtete Weibchen	Unbefruchtete Weibchen
1,3—1,8	12,0	13,3		
1,9—2,0	12,1			
2,1—2,2	14,0	13,8		
2,3—2,9	14,2	15,8	7,1	10,3
3,0—3,9			7,7	10,0
4,0—4,9			9,4	11,1
5.0—5,3				13,0

Wie in den Tabellen 2 und 3, so wird auch hier ein Älterwerden der schweren Tiere deutlich.

Diese besprochenen Zahlen berichten nur von der absoluten imaginalen Lebensdauer. Fragt man danach, ob die schweren oder leichten Tiere verhältnismäßig länger leben, so müssen wir für die Beantwortung alle Tiere auf das gleiche Gewicht bringen. Die Tabellen 2 und 3 zeigen in dem 4. und 7. Stab, wie viel imaginale Lebenstage auf 1 mg Körpergewicht kommen. Auch hier verhalten sich die beiden Geschlechter verschieden. Der Durchschnittswert aus allen Männchen beträgt 6,0, aus allen unbefruchteten Weibchen 2,4, aus den befruchteten 1,9 Tage. Was uns aber besonders interessiert, ist, daß bei den Männchen die leichten Tiere mit

1 mg 8,8, die schweren nur 3,2 Tage leben. In gleicher Weise sinkt dieser Gewichts-Lebensdauer-Faktor (G.-L.-Faktor) bei den befruchteten Weibchen von 2,7 auf 1,1, bei den unbefruchteten von 3,7 auf 1,4 Tage. Demnach leben die leichten Tiere verhältnismäßig länger. Um das zu erklären, kommt in den verschiedenen Größenklassen entweder eine prozentuale Verschiebung der Betriebsstoffe oder ein verschieden schneller Verbrauch dieser Körpersubstanzen oder gar beides in Frage. Was wirklich der Fall ist, kann diese Untersuchung nicht entscheiden. Es sei mir aber erlaubt, die Möglichkeiten kurz zu umreißen.

Der Betriebsstoff — um mich so kurz auszudrücken — kann prozentualiter 1. gleich sein, dann ergäbe sich für alle Gewichte eine gleiche Lebensdauer, 2. größer sein, dann verlängert sich das Leben, 3. kleiner sein, dann verkürzt sich das Leben. Ebenso kann der Verbrauch prozentualiter a) gleich sein, dann muß das Imaginalleben bei allen Tieren gleich schnell zu Ende sein, b) geringer sein, dann verlängert sich das Leben, c) stärker sein, dann verkürzt sich das Leben.

Um die Tatsache, daß die leichteren Schmetterlinge verhältnismäßig länger leben, zu erklären, kommen folgende Kombinationen in Frage: 1. die Tiere haben einen prozentualiter größeren Betriebsstoff und gleich großen Verbrauch wie die schweren Stücke; 2. sie haben einen geringeren Verbrauch und prozentualiter gleich großen Betriebsstoff; 3. sowohl der Betriebsstoff ist größer wie der Verbrauch geringer. In diesen drei Fällen ergibt sich zwangsweise ein prozentualiter längeres Leben der leichten Tiere. Dazu kommen noch folgende Fälle: 4. der Betriebsstoff ist zwar prozentualiter kleiner, der sehr sparsame Verbrauch verhindert aber ein Kleinerwerden des G.-L.-Faktors. Schließlich könnte auch einem prozentualiter größeren Betriebsstoff bei den leichten Tieren ein starker Verbrauch entgegenarbeiten. Theoretisch würde auch diese Kombination für die leichten Stücke ein verhältnismäßig langes Leben zur Folge haben, wenn der Verbrauch sich nicht zu stark bemerkbar macht. In Wahrheit müssen wir aber diesen Fall ausschließen, da die Grundregeln der Mechanik einer

großen Maschine auch stärkeren Verbrauch an Betriebsmitteln vorschreiben.

Es ist zur Zeit nicht möglich zu entscheiden, ob beide Faktoren im Tiere wirksam werden. Für den einen, den verschiedenen Verbrauch, habe ich es an anderer Stelle wahrscheinlich gemacht. Meine Untersuchung [(3), S. 54 u. 55] zeigte, daß ein großer Schmetterling mehr Arbeit bei seiner Bewegung zu leisten hat als ein kleiner. Bei großen Tieren hat z. B. die Flügelfläche nicht im gleichen Maße zugenommen wie das Gewicht und kleine Hebelarme erfordern verhältnismäßig mehr Kraft als große. Das Mißverhältnis kann sich bei den großen Weibchen bis zur Flugunfähigkeit steigern. Was bei den Flügeln der Fall ist, müssen wir schließlich auch für die Beine annehmen. Wenn nun auch das verhältnismäßig kürzere Leben der schweren Kleidermotten durch die größere Arbeitsleistung verständlich wird, so ist die Überlegenheit der kleinen Stücke um so auffallender, als ihre Oberfläche verhältnismäßig größer als die der schweren Stücke ist und sie daher auf 1 mg Körpergewicht viel mehr tote Bestandteile — vor allem Chitin — haben.

Zum Schluß dieses Abschnittes sei noch einmal auf die Unterschiede der Geschlechter eingegangen. Aus den Zahlen der Tabelle 4 sehen wir, daß der Anschluß der Weibchen an die Männchen nicht ganz erreicht ist. Wenn erstere auch größeres Körpergewicht haben, so beweist ihr kürzeres Leben und die geringere prozentuale Gewichtsabnahme, die ich Seite 335 erwähnte, daß bei ihnen die zur Unterhaltung der Lebensfunktionen nötigen somatischen Substanzen geringer sind als bei gleichschweren Männchen[1]). Auf Grund der Tabelle 4 wäre nach seiner Leistung der somatische Körperanteil eines etwa 5,0 mg schweren Weibchens dem eines Männchens von 1,9 mg gleich. Bringen wir bei einem 4—5 mg schweren

---

1) Im Gegensatz dazu hat sich aus den früher gesammelten Zahlen [(3) S. 60—63] bei demselben Geschlecht die prozentuale Gewichtsabnahme (während des Lebens) verschieden schwerer Tiere als gleich herausgestellt.

Weibchen 90 Eier = 2,34 mg in Abzug, so ergäbe sich für das Soma 4,27—2,34 = 1,93 mg. Mit diesem lebt das Tier 9,4 Tage, während ein Männchen von 1,9 mg etwa 12 Tage lebt, trotzdem es auch noch mit einem gar nicht unbeträchtlichen generativen Anteil belastet ist. Auch dieses Beispiel soll nur auf die Verhältnisse hinweisen, eine restlose Klärung ist nur möglich, wenn man den größeren Substanzverbrauch der männlichen Lebhaftigkeit durch die weibliche Trägheit als ausgeglichen annimmt und das lange Imaginalleben der Männchen ausschließlich auf die Kleinheit seines Körpers zurückführt.

III. Lebensdauer und Entwicklungsdauer.

Nach Klärung der Beziehung zwischen Lebensdauer und Gewicht fragt es sich, wie die Lebensdauer sich zu der gleichfalls verschiedenen Entwicklungsdauer und zu der Körperlänge verhält. Über ersteres können wir schnell hinweggehen, da theoretisch sich dieselben Schlüsse ergeben wie im vorigen Abschnitt. Folgende Tabelle soll daher kurz das Wesentlichste zeigen.

Tabelle 5. Beziehung zwischen Entwicklungs- und imaginaler Lebensdauer bei den Männchen.

Entwicklungsdauer in Tagen	Anzahl der Tiere	Lebensdauer in Tagen	Lebensdauer bei eintägiger Entwicklungsdauer (E.-L.-Faktor)
26— 49	51	12,8	0,32 Tage
50— 54	47	12,4	0,24 „
55— 59	40	13,4	0,24 „
60— 99	78	14,9	0,21 „
100—249	95	14,9	0,11 „

Die Entwicklungsdauer umfaßt die Zeit zwischen dem Schlüpfen aus dem Ei und dem Schlüpfen des Schmetterlings. Auch diese Tabelle zeigt, daß bei längerer Entwicklungsdauer eine Vergrößerung der Lebensdauer stattfindet. Diese Übereinstimmung mit dem Gewicht ist nicht zu verwundern, da

für gewöhnlich schwerere und größere Tiere auch eine längere Entwicklungsdauer haben. Wenn auch manchmal das Gegenteil eintritt, so gehen diese feinen Unterschiede in der Tabelle 5 verloren, da die Spanne zwischen kürzester und längster Entwicklungsdauer so groß ist. Wir können daher alle weiteren Zahlen über diesen Abschnitt übergehen und uns der Länge zuwenden.

IV. Lebensdauer und Körperlänge.

An jedem Tier wurden zwei Messungen vorgenommen: von den Kopfhaarspitzen bis zur Flügelspitze und von den Kopfhaarspitzen bis zum Abdomenende. Letzteres Maß soll im weiteren zu Grunde gelegt werden, da die Abdomenlänge für die untersuchte Frage wichtiger ist als die Flügellänge. Ordnen wir in der gewohnten Weise unsere Tiere nach der Länge und rechnen wir uns die absolute Lebensdauer der so zusammengefaßten Stücke aus, so finden wir wieder ein absolut kürzeres Leben bei den kleinen Tieren. (Tabelle 6 und 7). Z. B. erstreckt sich bei den kleinsten Männchen das Leben über 10,6, bei den größten dagegen über 15,8 Tage.

Der Länge-Lebensdauer-Faktor (L.-L.-Faktor) zeigt wieder die verhältnismäßige Lebensdauer bezogen bei allen Tieren auf 1 mm Körpergröße. Im Gegensatz zu dem Gewichts-Lebensdauer-Faktor zeigt er keine Regelmäßigkeit: bei den Weibchen tritt ein geringes Schwanken auf, bei den Männchen zuerst ein Anwachsen, dann wieder ein Abfallen. Die Vermutung, daß die mittelgroßen Tiere, die auch auf Grund einer Wahrscheinlichkeitskurve am häufigsten auftreten, von Natur aus die Ausgeglichensten sind und den größten Längen-Lebensdauer-Faktor haben, bestätigt sich nicht. Der Beweis kann nur an Einzelversuchen durchgeführt werden, da in der Tabelle willkürlich Versuche mit durchschnittlich großen und durchschnittlich kleinen Tieren zusammengefaßt sind und die Anzahl der Tiere in jeder Größengruppe keinen Maßstab für die Häufigkeit dieser Länge angibt. Zeichnen wir uns dagegen für die Schmetterlinge eines Versuches die Kurve der Größen-

variation und ferner die Kurve des L.-L.-Faktors, der den einzelnen Längenwerten zukommt, so sehen wir keine Übereinstimmung zwischen der häufigsten Länge und dem Maximum des Faktors. Die Tendenz der L.-L.-Faktor-Kurve ist eine gerade Linie; wo Abweichungen davon vorkommen, erklären sich diese aus der geringen Stückzahl, die ein einzelner Versuch umfaßt. Somit muß nur ein Schwanken des Faktors angenommen werden. Der Durchschnittswert für diesen stellt sich, berechnet aus allen 311 Männchen auf 2,7, berechnet aus den befruchteten 107 Weibchen auf 1,37, aus den 213 unbefruchteten Weibchen auf 1,88 Tage. Multipliziert man also die Körperlänge eines Schmetterlings mit diesem Werte, so erhält man einen ungefähren Anhaltspunkt für seine Lebensdauer bei 30° C. Die Genauigkeit wird wenigstens für die Praxis genügend sein. Eine genaue Bestimmung ist so wie so durch die individuelle Verschiedenheit der Tiere, durch größere und geringere Bewegung unmöglich gemacht.

Tabelle 6. Beziehung zwischen Körperlänge und imaginaler Lebensdauer bei den Männchen.

Körperlänge der Männchen in mm	Anzahl der Männchen	Imagin. Lebensdauer in Tagen	Lebensdauer bei 1 mm Körperlänge (L.-L.-Faktor)
3,6—4,2	27	10,6	2,62 Tage
4,3—4,5	34	11,9	2,69 „
4,6—4,7	28	13,6	2,91 „
4,8—4,9	35	14,1	2,92 „
5,0	33	13,8	2,75 „
5,1—5,2	44	14,5	2,80 „
5,3—5,6	34	14,9	2,75 „
5,7—6,1	32	15,5	2,63 „
6,2—7,0	44	15,8	2,46 „
3,6—7,0	311	14,0	2,71 Tage

Tabelle 7. Beziehung zwischen Körperlänge und imaginaler Lebensdauer bei den Weibchen.

Körperlänge der Weibchen in mm	Befruchtete Weibchen			Unbefruchtete Weibchen		
	Anzahl	Imagin. Lebensdauer in Tagen	Lebensdauer bei 1 mm Körperlänge (L.-L.-Faktor)	Anzahl	Imagin. Lebensdauer in Tagen	Lebensdauer bei 1 mm Körperlänge (L.-L.-Faktor)
4,6—5,3	28	7,0	1,34 Tage	24	9,7	1,92 Tage
5,4—5,7	26	7,6	1,37 „	33	9,5	1,71 „
5,8—6,0	18	8,2	1,40 „	34	10,8	1,82 „
6,1—7,1	21	8,6	1,31 „	73	12,4	1,92 „
7,2—8,6	14	11,2	1,43 „	49	14,7	1,93 „
4,6—8,6	107	8,2	1,37 Tage	213	11,9	1,88 Tage

V. Lebensdauer und verschiedene Raupenaufzucht.

Was nun die Einzelversuche anbetrifft, die den oben angeführten Tabellen zu Grunde liegen, so wissen wir darüber schon, daß sie alle denselben Nährboden benützten. Nur die verschiedene Temperatur und verschiedene Feuchtigkeit, bei der die Zucht vor sich ging, beeinflußte die Größe der geschlüpften Tiere. Wegen der Einzelheiten muß ich auf eine frühere Arbeit verweisen, in der diese beiden Außenfaktoren ausführlich behandelt worden sind. Wie dort gezeigt wurde, leben die in der Kälte gezogenen Schmetterlinge länger, als die, die einer warmen Zucht entstammen. Bei 30° aufgehoben, zeigten erstere für die Männchen eine Lebensdauer von 15—16, letztere von nur 12—13,5 Tagen. Worauf das beruht, wird nach dem oben Gesagten verständlich, wenn man erfährt, daß kalt gezogene Tiere schwerer und größer werden als warm gezogene.

Die seiner Zeit von ganz anderen Gesichtspunkten ausgeführte Untersuchung über den Einfluß der Trockenheit und Feuchtigkeit während der Raupenzeit läßt auch gesicherte Schlüsse über die Nachwirkung dieser Außenfaktoren auf die imaginale Lebensdauer zu. Letztere nimmt — wie das Durchschnittsgewicht und die Durchschnittslänge der Schmetterlinge — um so mehr ab, je trockener die Aufzucht der Raupen war.

Siehe Tabelle 8. Während z. B. die Männchen aus der feucht bei 30° gehaltenen Zucht eine Lebensdauer von 16,3 Tagen erreichen, halten sich bei 30° Kontrolle gezogene Tiere nur 13,4, bei 30° Trocken noch 12,5, im 30°-Exsikkator gezogene nur 12 Tage am Leben. Der Gewichts-Lebensdauer-Faktor vergrößert sich natürlich auch entsprechend der Trockenheit, da ja die Tiere dabei kleiner werden. Eine Ausnahme bietet der warm gehaltene Feuchtversuch, da hier 1 mg Körpergewicht ein verhältnismäßig langes Leben — 7,5 Tage — ermöglicht. Desgleichen entspricht auch 1 mm Körperlänge für die Männchen dieses Versuches ein erstaunlich großer Wert von 3,25 Tagen.

Tabelle 8. Durchschnittliche imaginale Lebensdauer der Männchen aus Zuchten bei verschiedenen Trockenheitsgraden.

Art der Raupenaufzucht	Imagin. Lebensdauer in Tagen	Durchschnittsgewicht in mg[1])	Körperlänge i. mm[1])	Entwicklungsdauer in Tagen[1])	G.-L.-Faktor	L.-L.-Faktor	E.-L.-Faktor
30° Feucht	16,3	2,27	5,0	31,1	7,5	3,25	0,52
30° Kontrolle	13,4	2,17	4,9	50,6	6,5	2,74	0,26
30° Trocken	12,5	1,84	4,6	57,0	7,1	2,69	0,22
30° Exsikkator	12,0	1,38	4,2	123,7	9,0	2,84	0,10

Ich glaube von weiteren Tabellen aus Sparsamkeitsgründen absehen zu dürfen. Für die Weibchen der Wärmereihe wäre vielleicht noch zu erwähnen, daß hier der 30°-Feuchtversuch die schwersten Stücke hervorgebracht hat und diese auch — im Gegensatz zu den Männchen — den kleinsten Gewichts-Lebensdauer-Faktor aufweisen. Bei den 20°-Feucht-Tieren tritt eine Schädigung der Zucht auf; die Schmetterlinge werden leichter als die Kontrolle. Noch deutlicher bekundet sich diese Schädigung in der abnorm verkürzten imaginalen Lebensdauer, die sogar unter den Wert

1) Wenn diese Durchschnittszahlen nicht mit den an anderer Stelle [(4) S. 241] veröffentlichten übereinstimmen, so liegt das daran, daß hier nicht alle Tiere, sondern nur die zu Grunde gelegt sind, für die die Lebensdauer bestimmt wurde.

der 30°-Exsikkator-Tiere fällt. Dagegen finden wir den G.-L.- und E.-L.-Faktor an der Stelle, die seinem Gewicht und seiner Entwicklungsdauer entspricht.

Diese Versuche mit wechselndem Feuchtigkeitsgehalt und dadurch verschiedener Lebensdauer leiten über zu Zuchten, die einen Schritt weiter gehen, die Auskunft geben sollen über den Einfluß quantitativ verschiedener Nahrung. Die 4 hierher gehörigen Zuchten waren einer Temperatur von 20° ausgesetzt. In 2 davon wurden die Raupen nach 55 Freßtagen herausgesucht, mußten sich ohne weitere Nahrung verpuppen, und ergaben normale, wenn auch kleine Schmetterlinge. Als Kontrolle dazu dienten die übrigen 2 Schälchen, die bis zum Schlüpfen der Imagines aufgehoben wurden. Hier ergaben sich größere und längere Schmetterlinge. Die 75 Vollkerfe aller 4 Versuche wurden wiederum bei 30° aufgehoben, um ihre imaginale Lebensdauer kennen zu lernen. Es zeigte sich, daß diese durch den Entzug der Nahrung bei den Männchen von 15,6 (der Kontrolle) auf 15,3 Tage, bei den unbefruchteten Weibchen von 12,4 auf 12,2, bei den befruchteten von 8,8 auf 8,0 zurückgegangen war. Diese Abnahme der Lebensdauer entsprach einer solchen für die Größe und Länge der Tiere, sodaß wir uns nicht wundern werden, wenn wiederum bei den Kontrolltieren mit den größeren Maßen der Gewichts-Lebensdauer-Faktor kleiner wird als bei den anderen Tieren. Auch hier also wieder dieselbe Regel, wie wir sie aus den früher besprochenen Versuchen herausgerechnet haben.

Aus einer anderen Versuchsserie, die Tiere auf verschiedenen Wollstoffen und Federabfällen behandelt, habe ich auch bei einzelnen Schmetterlingen die Lebensdauer bestimmt. Aus diesen wenigen Stücken wage ich aber keine Schlüsse zu ziehen und behalte mir vor, die Beeinflussung der imaginalen Lebensdauer durch qualitativ verschiedene Raupennahrung später nachzuholen.

VI. Lebensdauer bei verschiedener Temperatur.

Alle bis jetzt angeführten Werte für die Lebensdauer beziehen sich auf 30° C. Wie schon in meiner ausführlichen Arbeit über den Temperatureinfluß auf die Kleidermotte erwähnt, ist die Lebensdauer gleichartig gezogener Schmetterlinge auch von der Temperatur abhängig. Je höher diese, um so kürzer ist das Leben. Das Ergebnis setzt nicht in Erstaunen; die Körpersubstanz wird eben in der Wärme schneller verbraucht als in der Kälte. Das in der erwähnten Arbeit kurz Gestreifte schließt sich zwanglos den hier entwickelten Sätzen an. Bei beiden Temperaturen, 20° und 30°, die mir zur Verfügung standen, kommt auf 1 mg Körpersubstanz bei den schweren Tieren eine kürzere Lebensdauer als bei den leichteren Stücken. So verändert sich der Gewichts-Lebensdauer-Faktor auch bei anderen Temperaturen als 30° nach den gefundenen Regeln. Nur wird er bei tiefer Temperatur ganz bedeutend größer. Folgende Tabelle 9 soll die Unterschiede zahlenmäßig vor Augen führen. Ich habe darin wieder die Tiere nach den Gewichten geordnet und für jede Temperatur die Lebensdauer und den Gewichts-Lebensdauer-Faktor angeführt.

Tabelle 9. Lebensdauer bei verschiedener Temperatur.

Geschlecht	Gewicht in mg	Gehalten bei 20°		Gehalten bei 30°	
		Imagin. Lebensdauer in Tagen	Gewichts-Lebensdauer-Faktor. Tage	Imagin. Lebensdauer in Tagen	Gewichts-Lebensdauer-Faktor. Tage
Männchen	0,8—1,4	22,8	19,3	6,9	7,6
»	1,5—1,9	31,4	18,6	10,9	6,7
»	2,0—2,3	26,0	12,8	11,0	5,0
»	2,6—2,8	—	—	12,0	4,6
Weibchen, unbefruchtet	0,8—1,9	11,8	9,1	6,1	6,1
» »	2,0—2,9	21,5	9,1	8,0	3,6
» »	3,0—4,9	28,3	7,8	7,8	2,3
Weibchen, befruchtet	0,8—1,9	10,0	6,7	5,2	4,2
» »	2,0—3,9	13,0	4,7	6,4	2,7

Nachdem somit der verkürzende Einfluß einer hohen Temperatur feststeht, sind wir imstande, die Ergebnisse der Rau'schen Arbeit (2) zu besprechen. Für *Samia cecropia*, *Callosamia promethea*, *Tropaea luna* und *Telea polyphemus* fanden die Verfasser die Tiere mit Kopulation meistens kurzlebiger als die ohne Kopulation. Dabei war der Unterschied bei den Weibchen größer als bei den Männchen. Hierin stimmen also die Saturniiden mit der Kleidermotte überein. Während aber bei letzterer die Männchen immer länger leben als die Weibchen, ist für *Samia*, *Callosamia*, *Tropaea* und *Telea* das Ergebnis uneinheitlich: bald ist die imaginale Lebensdauer der Männchen länger, bald die der Weibchen Der Grund hierfür ergibt sich aus den Versuchsbedingungen. Die Schmetterlinge wurden von P. und N. Rau in einer Scheune aufgehoben, deren Temperatur ungefähr der Außentemperatur entsprach. Die Imagines verließen sehr unregelmäßig ihre Kokons. Im äußersten Falle dehnte sich das Schlüpfen vom 13. 4. bis zum 17. 6. aus. Da gerade um diese Zeit schon von Woche zu Woche die Außentemperatur stark zunimmt, ist es selbstverständlich, daß die Lebensdauer der im April Geschlüpften viel länger sein muß als die der Juni-Tiere. Die Werte für die Lebensdauer jedes einzelnen Versuches können daher m. E. nicht mal mit einander verglichen werden, geschweige denn mit anderen Versuchen verschiedener Jahre. Es kommt dazu, daß die Männchen verhältnismäßig früher schlüpfen als die Weibchen; dadurch sind nicht einmal die beiden Geschlechter eines Versuches der gleichen Temperatur ausgesetzt gewesen. Die wechselnde Temperatur, das zeitlich verschiedene Schlüpfen der Geschlechter und die lange Schlüpfungszeit, diese 3 sich dauernd in einander verschiebende Faktoren machen die Versuche von P. und N. Rau völlig unübersichtlich. Aus dem frühen Schlüpfen der Männchen, das daher in kältere Tage fällt, wäre schon ein längeres Imaginalleben der Männchen erklärt. Andererseits kann kühlere Witterung zur Lebenszeit der Weibchen deren Leben über den männlichen Lebensdauerdurchschnitt verlängert haben. Ob die Tiere mit Kopulation den Frühgeschlüpften entnommen

wurden oder nicht, finde ich in der Arbeit nicht angegeben. Diese Feststellungen zeigen, wie unsicher die Ergebnisse der Rau'schen Arbeit sind und lassen es wünschenswert erscheinen, sie bei konstanter Temperatur zu wiederholen.

Meine Versuchsserie über den Temperatureinfluß rundet das Bild über die imaginale Lebensdauer ab. Sie erinnert daran, daß jedes Tier, auch wenn es, wie die Kleidermotte, seine Lebensdauer in erster Linie aus sich selbst heraus bestimmt, immer durch die Außenwelt in gewisser Richtung und in gewissem Maße beeinflußt wird. Nur bei Berücksichtigung der Um- und Innenwelt zugleich ergibt sich ein geschlossenes Bild von der Lebensdauer. In dieser Hinsicht ist auch für die Kleidermotte noch vieles zu klären. Ich erwähne von den Innenfaktoren nur die Ernährung der Raupenzeit. Von den Außenfaktoren wäre zu untersuchen, ob Feuchtigkeit und Trockenheit auf die imaginale Lebensdauer von Einfluß ist. Nicht zu vergessen ist die Untersuchung der chemischen Veränderungen während des Lebens, die sicherlich viel Neues zu Tage fördern wird. Empfehlenswert wäre freilich dabei die Wahl eines größeren, nicht fressenden Schmetterlings. Was die anatomische Untersuchung der Alterserscheinungen anbetrifft, so hoffe ich selbst in der nächsten Zeit darüber zu berichten. Nur äußere Umstände verhinderten den Abdruck zusammen mit den hier vorgelegten experimentellen Ergebnissen.

Erwähnte Schriften.

1. Korschelt, E., Lebensdauer, Altern und Tod. 2. Aufl. Jena, 1922.
2. Rau, P. and N., Longevity in Saturnid moths; an experimental study. Journ. Exp. Zool. 12. 1912. S. 179–204.
3. Titschack, E., Beiträge zu einer Monographie der Kleidermotte, *Tineola biselliella*. Leipzig 1922. (Auch Zeitschr. f. techn. Biologie, Bd. 10, 1922, Heft 1/2. S. 1–168).
4. Ders., Untersuchungen über den Temperatureinfluß auf die Kleidermotte (*Tineola biselliella* Hum.). Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 124, 1925, Heft 2, S. 213–251.
5. Weismann, A., Über die Dauer des Lebens. Jena, 1882.

Weitere Betrachtungen über das Rheinische Schiefergebirge unter besonderer Berücksichtigung der vorherrschenden Spaltenrichtungen.

Von

H. Vogel, Bonn.

Mit Tafel IV und 3 Abbildungen im Text.

In seinen früheren Betrachtungen über das Rheinische Schiefergebirge hat Verfasser sich mit dem Spaltensystem und den Erzgängen befaßt, sowie bezüglich eines besonders berücksichtigten, den Hunsrück und den Westerwald spießwinkelig querenden Gebirgstreifens den Nachweis versucht, daß die darin auftretenden Erzgänge (Gänge mit sulfidischen Erzen) im wesentlichen streichend verlaufende Gangzüge bilden, die auf einen Gebirgsbau zurückzuführen sind, der ähnlich gerichtet, aber älter ist wie der variskische und jünger als ein im Untergrund zu vermutendes ältestes Gebirge. Für das letztere fehlte es an greifbaren Anhaltspunkten; für sein Vorhandensein sprachen lediglich einige Erscheinungen in dem jüngeren Gebirgsbau, die sich nur durch erneute Verschiebungen auf älteren Klüften im Untergrund damals ungezwungen erklären ließen. Rein gefühlsmäßig führten Erwägungen ganz allgemeiner Art dazu, bei diesem ältesten Gebirge gewisse Annahmen zu machen. Dies Gefühl hat nicht getäuscht; die Ursachen für die angedeuteten Vorgänge und deren Auswirkung wurden indessen nicht genügend erkannt. Vielleicht tragen die vorliegenden Ausführungen dazu bei, die Frage der Klärung etwas näher zu bringen.

Die hauptsächlichsten Spalten im Rheinischen Schiefergebirge.

An dem heutigen Gebirgsbau fallen naturgemäß die Linien am meisten auf, die mit der Schichtung und Faltung im Zusammenhang stehen und, wie aus den geologischen Karten ersichtlich, etwa von SW nach NO verlaufen. Nach der bereits früher zum Ausdruck gebrachten Ansicht des Verfassers hat man es hier mit zwei verschiedenen Gebirgsbildungen zu tun und zwar mit der prävariskischen und der variskischen, die in der Streichrichtung geringfügige Abweichungen zeigen. Das Vorhandensein dieser beiden Faltungen gibt sich nicht nur aus dem Verlauf der Schichten, sondern auch an den Gesteinen zu erkennen. Beispielsweise führt Leppla in den Erläuterungen zu Blatt Schönberg bezüglich der tonigen Hunsrückschichten an, daß diese stets geschiefert sind, indem sie neben den Schichtflächen noch von zahlreichen, unter spitzen Winkeln dazu gerichteten Trennungsflächen, den Schieferflächen, durchsetzt werden. Wenn Schichtung und Schieferung beide ausgebildet sind, entstehen beim Zerfall flache Brocken mit abwechselnd sehr scharfen und sehr stumpfen Kanten, welche Erscheinung sich bis zu einer dünnstengeligen oder griffelförmigen Absonderung steigern kann. Das prävariskische Gebirge war geschichtet und gefaltet; die spießwinkelige Schieferung muß dem später einsetzenden variskischen Druck zugeschrieben werden.

Nicht so klargestellt ist der Einfluß des variskischen Druckes auf die Grauwacke und die sandigen Schichten. Durch die Art der Gesteine war eine Schieferung hier ausgeschlossen und es konnte der variskische Druck sich nur als Klüftung äußern, die weniger auffiel und deshalb in ihrer Ursache auch weniger erkannt wurde, wie die Schieferung der tonigen Schichten.

Neben den Schichtungs- und Schieferungsflächen sind die Querbrüche in dem Rheinischen Schiefergebirge eine auffällige Erscheinung. Sehr häufig findet man an felsigen Gehängen steilgestellte Klüfte und Spalten, die das Gebirgstreichen oder

die Schieferung rechtwinkelig oder annähernd rechtwinkelig queren, also herzynisch verlaufen. So bemerkt Leppla in den Erläuterungen zu Blatt St. Goarshausen, daß außer den alten, bei der Faltung entstandenen Dislokationen der Schichten sich viele Verwerfungen finden, die in der Hauptsache rechtwinkelig zu den Schichten streichen, die sich aber in Gebieten gleichmäßiger Gebirgsbildung der Beobachtung entziehen. Oft treten derartige Störungen oder gleichgerichtete Ablösungen und Ritze so zahlreich auf, daß die Felsgehänge wie zerhackt erscheinen oder daß das Gebirge in Bänke zerlegt wird, was unter besonderen Umständen den Eindruck einer falschen Schieferung erwecken kann, wie Winterfeld andeutet. An einer geeigneten Bezeichnung für diese Erscheinungen hat es anscheinend bisher gefehlt; vielleicht trifft der Ausdruck „Querbänkung" das Richtige. Auf den geologischen Karten kann letztere schon des kleinen Maßstabes wegen nicht zur Darstellung kommen, zumal keine nachweisbaren Verwerfungen damit verbunden zu sein pflegen. Wo dagegen auf herzynischen Klüften Verschiebungen größeren Ausmaßes eingetreten sind, lassen sich diese auch wiedergeben und es sei deshalb nur auf die Übersicht von Winterfeld hingewiesen, ferner auf die geologische Landesaufnahme des Dill- und Lahngebietes sowie auf die Flözkarten der Steinkohlenbezirke an der Ruhr, an der Saar, an der Inde und an der Wurm. Aus Denkmann's Übersichtkarte des tieferen Untergrundes des Siegerlandes sind herzynische Störungen nicht ersichtlich und auch auf den Blättern der geologischen Landesaufnahme der gleichalterigen Gebiete im Hunsrück, wie auf der gegenüberliegenden Rheinseite kommen sie nur vereinzelt zur Darstellung; zum Teil wohl aus dem Grunde, auf den von Leppla zu Blatt St. Goarshausen hingewiesen worden ist.

Endlich sind auch die meridional, also rheinisch gerichteten Spalten auffallend, die in manchen Gebieten zu Spateisensteingängen Veranlassung gegeben haben und die an anderen Stellen das Einsinken ganzer Gebirgsteile begleiten; in letzterer Hinsicht sei auf die Hessische Senke, das Rheintal und den Eifelgraben hingewiesen. Im Vergleich zu den Spalten

herzynischer oder prävariskischer und variskischer Richtung treten die rheinisch verlaufenden Linien aber an Verbreitung weit zurück und stellen jenen gegenüber Besonderheiten dar.

Horizontalverschiebungen, sogenannte Blätter, können sich in Verbindung mit den durch die beschriebenen Spaltensysteme hervorgerufenen Erscheinungen einstellen; sie bilden aber kein selbständiges Spaltensystem, sondern sind Begleiterscheinungen sekundärer Art und dürfen deshalb bei der vorliegenden Erörterung ausser Betracht bleiben.

Danach lassen sich die Spalten, die das Rheinische Schiefergebirge beherrschen, in drei Gruppen zusammenfassen und zwar in

1. die herzynisch gerichteten Spalten, deren Streichen etwa zwischen Stunde 8 und 10 schwanken kann;
2. die rheinisch verlaufenden Spalten mit Schwankungen etwa zwischen Stunde 11 und 1;
3. die mehr oder weniger variskisch eingestellten Spalten, deren Streichrichtung sich etwa zwischen Stunde 2 und 5 zu bewegen pflegt.

Zur Vereinfachung und zur Abkürzung der folgenden Ausführungen wird Verfasser es nach Möglichkeit vermeiden, auf Sättel und Mulden oder auf Horste und Gräben näher einzugehen, sondern sich nur mit den dabei in Betracht kommenden Spaltenrichtungen befassen ohne Rücksicht darauf, ob an den Klüften Senkungen oder Hebungen sich vollzogen haben, zumal lang ausgedehnte Spalten sowohl von Einsenkungen wie von Heraushebungen begleitet werden können und dies für den Zweck der vorliegenden Arbeit von geringerer Bedeutung ist.

Die neuere Literatur der Spaltensysteme.

Seit Verfasser sich mit den Spalten im Rheinischen Schiefergebirge befaßt hat, sind von anderer Seite verschiedene Veröffentlichungen erfolgt. Wenn diese sich auch nicht auf das Rheinische Schiefergebirge beschränkt, sondern in der Hauptsache auf die Gebirgsbildung in seiner Fortsetzung oder seiner Umgebung erstreckt haben, so sind doch die dabei in Betracht

kommenden Spaltensysteme und insbesondere die Gesichtspunkte für die Beurteilung des Alters der verschiedenen Spaltenbildungen die gleichen, und insofern sind die erschienenen Aufsätze auch für das Rheinische Schiefergebirge von Bedeutung.

Zunächst hat Maximilian Weber in seiner Abhandlung über das Problem der Grabenbildung das Rheinische Schiefergebirge gestreift und zugleich auf die Tatsache hingewiesen, daß senkrecht zu den in Deutschland bekannten Bruch- und Grabensystemen immer ein Faltengebirge verläuft, das sich in der Regel früher, beim Rheintalgraben aber später gebildet hat. In diesem Sinne weist er darauf hin, daß ausser den rheinischen, zu den Alpen orientierten NS Brüchen in Deutschland noch zwei weitere Systeme von parallelen Bruchbündeln bestehen, von denen das eine auf dem andern senkrecht steht und zwar das variskische Faltengebirge und das herzynische Bruchsystem. Zwischen der Grabenbildung und der Faltung besteht nach seiner Meinung ein genetischer Zusammenhang und die senkrecht zu einander stehenden Spalten sind nach ihm gleichmäßig, wenn auch nicht gleichzeitig verursacht durch Vorgänge, die sich in bedeutenden Tiefen vollzogen haben. Über das gegenseitige Alter der drei verschiedenen Zonen spricht Weber sich nicht aus. Bezüglich des Rheintalgrabens hebt er aber hervor, daß seine Bildung im Oligozän begonnen hat, indem er freilich hinzufügt, daß nach Deecke die Rheintalspalten schon im Karbon angedeutet und in den meridional verlaufenden Granitporphyrgängen des Kinzig- und Murgtales auch ausgebildet waren. Danach hätten die Bewegungen auf dem rheinischen Spaltensystem viele geologische Perioden hindurch angehalten.

Etwas später hat Grupe zu dem Altersverhältnis der herzynischen und rheinischen Dislokationen in einer Sitzung der Deutschen geologischen Gesellschaft Stellung genommen und ist zu dem Schluß gekommen, daß herzynische und rheinische Bauelemente als gleichwertige Teile eines ursprünglich einheitlich angelegten Bruch- und Faltungssystemes erscheinen. Eine grundsätzliche Altersverschiedenheit zwischen den herzy-

nischen und rheinischen Störungen lehnt er ab; er gibt aber zu, daß bei der einen oder anderen Phase der saxonischen Gebirgsbildung eine der beiden Richtungen lokal oder selbst regional bevorzugt werden kann.

Bei der darauf folgenden Aussprache hat Haarmann diesen Ausführungen zum Teil widersprochen und hervorgehoben, daß er bezüglich der Altersverhältnisse zu einem andern und zwar zu dem gleichen Ergebnis gekommen sei, wie v. Könen, der die hauptsächlichsten herzynischen Störungen für älter hält, wie die rheinischen.

Nach Deecke war im südlichen Granitmassiv des Schwarzwaldes, im Blauen, eine herzynische Zerklüftung schon im Karbon vorhanden.

Bei Besprechung der postvariskischen Tektonik Nordwestdeutschlands hat endlich Quiring darauf hingewiesen, daß die herzynischen und rheinischen Spaltenrichtungen bereits den variskischen und prävariskischen Untergrund dieses Gebietes beherrschten.

Danach hätten sich auch auf dem herzynischen Spaltensystem durch viele geologische Perioden hindurch Gebirgbewegungen vollzogen.

Mit den prävariskischen oder variskischen Klüften und Spalten hat die Literatur der letzten Jahre sich anscheinend nicht befaßt. Zum Unterschied zwischen den beiden vorher besprochenen Spaltensystemen, bei denen es sich in der Hauptsache um Grabenbildungen handelt, sind die SW—NO-Spalten Begleiterscheinungen eines Faltengebirges; sie sind deshalb orogenetischer Natur, während jene einen epirogenetischen Charakter tragen. Mit dem Abschluß der Faltung muß auf den damit in Zusammenhang stehenden Spalten ein gewisser Stillstand eingetreten sein. Anderseits ist anzunehmen, daß bei den später einsetzenden orogenetischen oder auch epirogenetischen Vorgängen die prävariskischen und variskischen Spalten von diesen Bewegungen nicht ganz unberührt blieben, sodaß auch hier die Nachwirkungen sich durch lange geologische Zeiträume erhalten hätten.

Die mutmassliche Entstehung und das Alter der drei Spaltensysteme.

Das herzynische Spaltensystem.

Wie ein Blick auf die geologische Karte des Rheinischen Schiefergebirges, sowie auf den Harz und den Flechtinger Höhenzug dartut, zeigt von den drei Spaltensystemen das herzynische die größte Ausdehnung im Streichen. Annähernd in der Fortsetzung des Harzes liegen die Sudeten und parallel dazu verläuft der Bayerische Pfahl. In Südrußland hat Karpinsky auf gleichgerichtete Spalten hingewiesen. Winterfeld macht auf den Küstenverlauf von Tripolitanien, auf die Küsten Italiens, auf den Südrand von Sizilien und auf die Westküste der Balkanhalbinsel aufmerksam, sowie auf die parallelen Verwerfungen, die die Küsten des Adriatischen Meeres begleiten; nach ihm sind die Adria und das Rote Meer herzynisch gerichtete Senkungsbecken und lassen sich die Wirkungen des Spaltensystems bis nach Ostindien verfolgen. In der Breite reicht nach Winterfeld die herzynische Großsenke, die diese Erscheinungen umfaßt, bis zu der nordöstlichen Abbruchlinie der afrikanischen Tafel; im Westen wird sie an der atlantischen Schwelle abgeschnitten und zugleich nach Süden verworfen. Auf der westlichen Halbkugel soll endlich in der Fortsetzung der Großsenke die Hauptmasse von Nordamerika liegen.

Verfasser hält eine andere Auffassung über den Verlauf der Großsenke für möglich. Verfolgt man das herzynische System nicht auf der Karte, sondern auf dem Globus, so gelangt man — um eine bestimmte Linie dieses breiten Gebietes herauszugreifen — von dem Harz über England und Irland an die nordamerikanische Küste in ihrer Erstreckung von Neufundland bis Florida. Die Appalachen und Alleghanies verlaufen parallel dazu. In seiner Längen- und Breitenausdehnung berührt dieses Spaltensystem die fünf alten Kontinente, und im Vergleich zu den beiden anderen Spaltensystemen, die oben berührt wurden, ist es das ausgedehnteste; nach Ansicht des

Abb. 1 Verbreitung der Erdbeben. Nach MONTESSUS DE BALLORE u. a.

Verfassers ist es auch das älteste. Die Vorstellung seiner Wesensart würde erleichtert, wenn man annehmen wollte, daß das Gebiet der Großsenke früher einmal Aequatorzone gewesen wäre und daß die in ihr aufgehäuften Massen die Veranlassung zu der ersten Einsenkung innerhalb der Kontinente und damit zu der ältesten kontinentalen Spaltenbildung gegeben hätten. Der Ausdruck herzynisch wäre dann nicht umfassend genug. Da das in Betracht kommende System die sämtlichen alten Kontinente berührte und die nördlichen Kontinente von den südlichen trennte, könnte man es wohl als das altkontinentale Spaltensystem bezeichnen. Von diesem System bildet der Harz, dem die in Betracht kommende Spaltenrichtung ihren Namen entlehnt hat, nur einen ganz kleinen Teil.

Um die Richtung der oben bezeichneten herzynischen oder altkontinentalen Linie, auch bildlich darzustellen, hat Verfasser sie in das Kärtchen der Haupterdbebengebiete (Abbildung 1) eingetragen, das E. Kayser in seinem Lehrbuch der Geologie wiedergegeben hat und das, ebenso wie die folgenden Kärtchen, mit seiner freundlichen Genehmigung hier beigefügt wird. Danach trennt die Großsenke die ältesten Zentralmassive der nördlichen von denen der südlichen Kontinente. Anscheinend hat sie von Westen ihren Ausgang genommen und zunächst Amerika in einen nördlichen und einen südlichen Erdteil geschieden, um sich später auch zwischen Europa und Afrika einzuschieben. Zwischen Afrika und Asien stieß sie auf den Widerstand der dortigen Massive. Auch von Osten her scheint eine Einsenkung in altkontinentaler Richtung erfolgt und dem gleichen Widerstand begegnet zu sein. Heute befindet sich in dem Gebiet der Senke der einzige ununterbrochene Wasserweg in annähernd ost-westlicher Richtung durch die früher zusammenhängenden Kontinente, nachdem die Landbrücken bei Suez und Panama, welche letztere in spätgeologischer Zeit die Verbindung zwischen Nord- und Südamerika wiederhergestellt hatte, in den letzten Jahrzehnten durchgestochen worden sind. Die beiden Einsenkungen könnten dann als die atlantische und indische bezeichnet werden, die sich im Laufe der geologischen Perioden zu dem Atlantischen

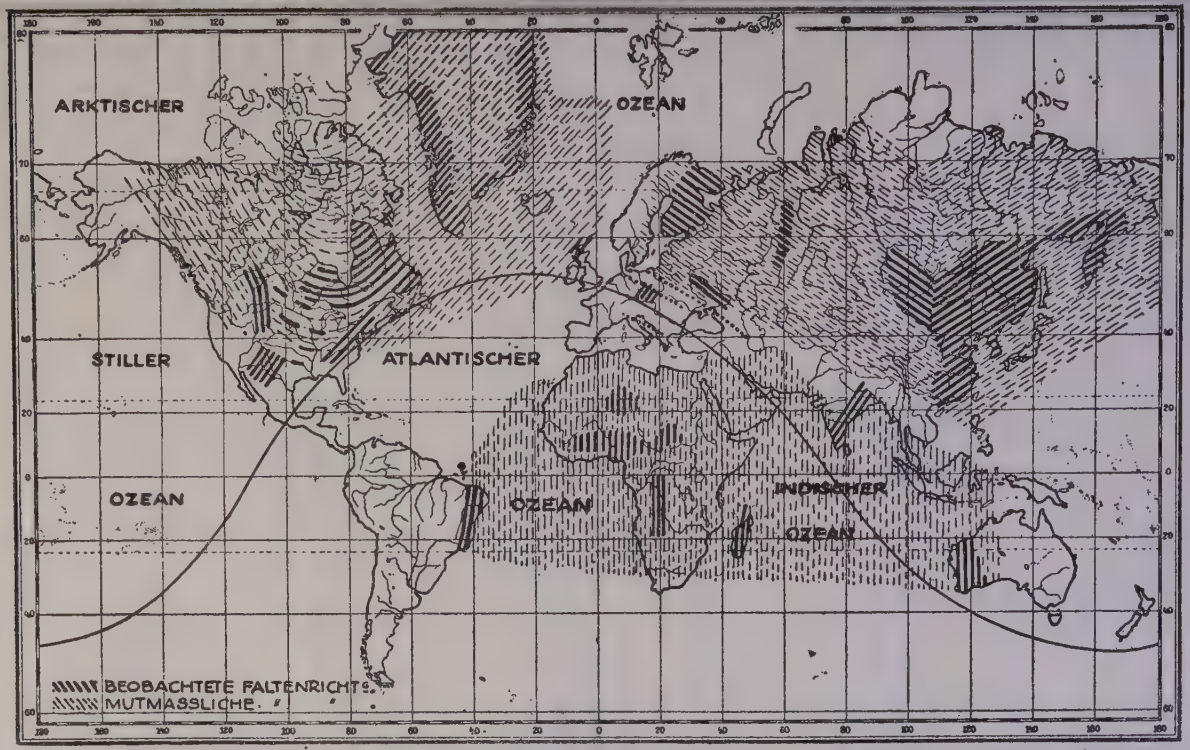


Abb. 2 Verbreitung und Streichen des Urgebirges auf der Erde. Nach B. RÜDEMANN (On some fundamentals of precambrian paleogeography. Proceed. nat. acad. Sciences Bd. 5, 1919).

und Indischen Ozean erweitert haben müßten, indem der erstere in Zusammenhang mit der von Winterfeld beschriebenen größten Verwerfungsspalte der Erde einen Ausweg nach Norden und Süden erhalten hätte.

Um das altkontinentale Spaltensystem noch weiter zu veranschaulichen, ist die oben bezeichnete herzynische Linie auch auf das, dem Kayser'schen Lehrbuche entnommene Kärtchen von Rüdemann (Abbildung 2) übertragen worden und des besseren Verständnisses wegen wurden noch einige parallel verlaufende Linien durch Punktierung angedeutet. Es geht daraus hervor, daß in ausgedehnten Gebieten von Nordamerika, in Finnland, im Ural und in der Mongolei die beobachtete Streichrichtung des Urgebirges sich dem altkontinentalen Streichen anschließt oder nähert. Das Kärtchen trägt schematischen Charakter, was zumal in Nordamerika und Grönland in Erscheinung tritt; auf dem Globus würde sowohl das Streichen in Grönland als auch im mittleren Asien sich dem altkontinentalen Streichen noch mehr anschließen.

Wenn man, wie das von vielen Seiten geschieht, annehmen wollte, daß die erste Anlage der heutigen Kontinente und Meere schon in der Urzeit stattgefunden und von Anfang an die eine Hälfte der Erdoberfläche den Urkontinent und die andere den Urozean gebildet hätte, müßte die Veranlagung zu dem allerältesten Spaltensystem an der Grenze des Urkontinentes gegen den Urozean zu suchen sein, also etwa an den Rändern des Stillen Ozean. Daß die Küsten des Urozeans sich mit denen des heutigen Stillen Ozeans nicht überall zu decken brauchten, möge zur Vermeidung von Mißverständnissen hier kurz angedeutet werden. Für den Untergrund des Rheinischen Schiefergebirges käme indessen dieses Spaltensystem, das wohl als das pazifische Spaltensystem bezeichnet werden könnte, nicht in Betracht.

Das rheinische Spaltensystem.

Innerhalb des Urkontinentes wäre, wie oben angedeutet, das altkontinentale Spaltensystem durch die ersten Einsenkungen hervorgerufen worden und wenn diese Zone früher

die Aequatorzone gebildet hätte, müßte im Laufe der Zeit eine Verlegung des Poles eingetreten sein. Wie die oben bezeichnete herzynische Linie vom Harz bis Ostindien einerseits und bis zur nordamerikanischen Küste anderseits im Vergleich zu dem jetzigen Aequator verläuft, ist aus den Abbildungen zu ersehen. Danach bildet diese Linie einen Bogen nördlich vom Aequator, der diesen im Westen südlich von Kalifornien und im Osten südlich von Ostindien kreuzt. Auf diesem Bogen wirkte von Süden nach Norden der Druck, der von dem neuen Aequator ausging und der den westlichen Schenkel des Bogens in entgegengesetztem Sinne beeinflußen mußte, wie den östlichen. Auf diese Weise bildeten sich meridional gerichtete Risse wohl zunächst in der Mitte des Bogens, wo sie zur atlantischen Schwelle Veranlassung gaben, und später die zahlreichen meridional verlaufenden Spalten, deren Nachwirkungen in den jüngeren Gebirgsbildungen aus der geologischen Karte ersichtlich sind. Im Übrigen sei bezüglich der meridionalen Spalten im Rheinischen Schiefergebirge hier noch kurz auf die Karte Bezug genommen, die Winterfeld seinen diesbezüglichen Ausführungen beigegeben hat.

Da das meridional gerichtete Spaltensystem auch die Gestaltung des Atlantischen Ozeans stark beeinflußt hat, wäre es wohl als das atlantische zu bezeichnen. In Abbildung 1 ist der Versuch gemacht worden, durch gestrichelte Linien die Wirkung dieses Druckes zu veranschaulichen, der sich in einen Druck rechtwinkelig zu dem altkontinentalen Gebirgsstreichen zerlegt und einen entsprechend verminderten meridionalen Druck. Daß die beiden Schenkel des Bogens entgegengesetzt beeinflußt werden mußten, bedarf keiner weiteren Ausführung. Ebenso ist es verständlich, wenn bei dem Widerstand, den das Gebirge der Spaltung entgegensetzte, rechtwinkelig zu den entstehenden Rissen Querbrüche sich einstellten, deren Nachwirkungen in dem jüngeren Gebirgsbau ebenfalls in Erscheinung treten mußten.

Daß neben den bezeichneten noch andere Ursachen auf die Bildung meridional verlaufender Spalten von Einfluß gewesen sein können, möge nicht unerwähnt bleiben.

Das prävariskische Spaltensystem.

Der vom Aequator ausgehende Druck wirkte in dem atlantischen Sinne nur so lange, wie die altkontinental verlaufenden Gebirgsstreifen der Großsenke noch zusammendrückbar waren. Als dies aufhörte, mußten die Auswirkungen des Druckes sich anders gestalten und innerhalb der Großsenke, wie in Abbildung 3 angedeutet, tangentiale Druckerscheinungen hervorrufen, die im Norden begannen und dort zunächst die präalgonkische Faltung hervorriefen sowie später südlich und westlich davon mit geringfügigen Änderungen des Streichens nach einander die kaledonische, die variskische und die alpine Faltung nebst den dazwischenliegenden Übergängen. Wegen der allmählichen Annäherung des Streichens der jüngeren europäischen Faltengebirge an die Ost-Westrichtung sei hier kurz auf die Skizze Bezug genommen, die den vergleichenden Betrachtungen des Verfassers über das variskische Gebirge am Rhein und in Oberschlesien beigegeben worden ist.

Die bezeichneten Faltungen treten in Europa in Erscheinung und haben den geologischen Aufbau und die nach Westen sich zuspitzende Gestalt dieses Erdteils hervorgerufen. Zusammenfassend darf man diese Faltungen deshalb wohl als das europäische Faltensystem[1]), oder bei Annahme der oben gebrauchten Ausdrucksweise die in Betracht kommenden Spalten als das europäische Spaltensystem bezeichnen.

---

1) Das europäische Faltensystem wäre nach den obigen Ausführungen eine Sondererscheinung, der in den anderen Kontinenten gleichaltrige Gebirgsbildungen entsprechen müßten. So könnte man eine afrikanische Spezialfaltung aus der meridionalen Streichrichtung des Urgebirges herleiten, die nach Rüdemann in der Aequatorzone von Afrika vorherrscht und die dort durch Schrumpfung erklärlich wäre. Eine nordamerikanische Spezialbildung ergäbe sich aus den lang andauernden, teils gleichzeitigen, teils abwechselnden Gebirgsbewegungen in dem Kordilleren-Trog und in dem appalachischen Trog. Vielleicht ließen sich auch die Faltungserscheinungen der übrigen Kontinente in ähnlich einfacher Weise charakterisieren.

Verbreitung der noch tätigen und tertiären Vulkane. Nach Neumayr, Berghaus, Wagner u. A.

Abb. 3

Nach Osten ist die Ausdehnung der europäischen Faltengebirge begrenzt. Nur in Skandinavien, also im Norden, treten die ältesten Faltungen auf Gebiete über, die östlich der von Tornquist bezeichneten südwestlichen Grenzlinie der russischen Tafel liegen. Die seitdem stärker gewordene Ausbildung der altkontinentalen Gräben und Horste hat anscheinend den variskischen und später auch den alpinen Druck in altkontinentaler Richtung abgelenkt und Osteuropa geschützt. Nach S. v. Bubnoff bildet dieses übrigens keine Einheit, sondern einen Komplex alter Schollen, deren Struktur und Bewegungsform wesentlich durch Vorgänge in dem tiefen Untergrund beeinflußt worden sind und die auf gebirgsbildende Impulse zeitlich, wie räumlich verschieden reagiert haben. Dabei sind aber, wie aus der Karte zu der Abhandlung über den Gebirgsbau Osteuropas hervorgeht, die altkontinentalen Einflüsse deutlich erkennbar. Der karbonische Faltenzyklus Westeuropas ist dem osteuropäischen Gebiet bereits fremd und es ist nach S. v. Bubnoff auch kaum möglich, die Faltung Westeuropas direkt über Rußland nach Asien zu verfolgen. Danach unterscheidet sich der geologische Bau Rußlands von dem Bau Westeuropas wesentlich durch den Wegfall der europäischen Faltengebirge.

Das Alter der Spaltensysteme.

Da die europäische Faltung bereits die ältesten Sedimente aufgerichtet hat, ist ihr Eintritt wohl am Ende der archäischen Zeit erfolgt. Die Veranlagung zu der atlantischen Spaltenbildung fällt demnach in eine viel ältere Zeit und die Veranlagung zu dem altkontinentalen Spaltensystem liegt noch weiter zurück. Für die Abmessung dieser Zeiträume fehlt jeglicher Maßstab, jedoch muß zwischen der Veranlagung zu den beiden ältesten Systemen ein Polwechsel sich vollzogen haben.

Nach vorstehendem dürfte anzunehmen sein, daß innerhalb des Urkontinentes die ersten Niederschläge sich in dem ausgedehnten altkontinentalen Graben angesammelt und daß die Gewässer sich von da aus seitlich verbreitet haben. Die Ausbreitung der organischen Lebewesen, die an

das Wasser gebunden war, mußte dann den gleichen Verlauf nehmen.

Wenn das altkontinentale Spaltensystem das älteste, das atlantische das nächst jüngere ist und wenn die europäischen Faltungen am jüngsten sind, so trifft dies nur hinsichtlich der Veranlagung zu. Von den späteren Gebirgsbewegungen blieben die älteren Spalten im Untergrund nicht unberührt; auf ihnen konnten deshalb erneute Bewegungen eintreten, die dann in den jüngeren Gebirgen zum Ausdruck kommen mußten. Da diese Gebirgsbewegungen auf den herzynischen und rheinischen Spalten mit Unterbrechungen viele geologische Perioden hindurch angehalten haben, kann rein örtlich in zahlreichen Fällen die Auswirkung in umgekehrter Reihenfolge oder auch gleichzeitig erfolgt sein und in dem letzteren Falle den Zustand hervorgerufen haben, der von der neueren Geologie als Vergitterung bezeichnet wird. Auf diese Weise erklären sich nach der Meinung des Verfassers ganz ungezwungeu die Feststellungen, die, wie einleitend ausgeführt, von Weber, Grupe, Haarmann und anderen Geologen bezüglich der Altersfolge der in Betracht kommenden Gebirgsbewegungen gemacht worden sind. Jedenfalls wird der Bergmann bei seinen Aufgaben von Fall zu Fall zu entscheiden haben, wie die Verhältnisse liegen. Es gilt dies sowohl von den teils rheinisch, teils herzynisch gerichteten Salzhorsten im niedersächsischen Gebiet, wie von den Gängen und Klüften im Rheinischen Schiefergebirge.

Die Erzlagerstätten.

Was die Erzlagerstätten des Rheinischen Schiefergebirges anbelangt, so braucht kaum hervorgehoben zu werden, daß für sie die drei Spaltensysteme von besonderer Bedeutung sein müssen. Wie aus nachstehendem hervorgeht, wird bei deren Betrachtung in der Hauptsache zwischen Lagerstätten sulfidischer Erze und Eisensteingängen zu unterscheiden sein. Andere Lagerstätten, deren Erzführung da, wo sie gemeinschaftlich mit den sulfidischen Erzen vorkommt, diesen gegenüber als Gangart erscheint, treten an Verbreitung und Bedeutung

zurück; insbesondere gilt dies auch hinsichtlich des Auftretens von Schwerspat, während Bitterspat und Kalkspat regellos vorkommen und hier ganz ausser Betracht bleiben können.

Das Auftreten der Blei- und Zinkerze.

Von den in Betracht kommenden Lagerstätten haben, wie schon von Bornhardt dargelegt wurde, die blei- und zinkerzführenden im Schichtenaufbau des Rheinischen Schiefergebirges eine erheblich größere Verbreitung, als die Eisensteingänge. Sie reichen vom tiefsten Unterdevon bis in das Oberdevon hinauf und machen sich bei Commern und Mechernich sowie am Rande der Hessischen Senke bis in den aufgelagerten Buntsandstein hinein bemerkbar. Mit dem prävariskischen Gebirgsbau stehen sie, wie Verfasser bei seinen ersten Betrachtungen bezüglich des damals erörterten Streifens ausgeführt hat, in engem Zusammenhang und deshalb sind zahlreiche Erzmittel in ihrem Verlauf an das Schichtenstreichen und das Einfallen dieses Gebirges gebunden. Wo letzteres geschiefert ist, liegen die einzelnen Erzmittel oft auch zwischen Schieferungsflächen, während der Gangzug als solcher dem Schichtenverlauf zu folgen pflegt. Erzgänge herzynischer Richtung sind ebenfalls zahlreich vertreten, wennschon sie nicht die beherrschende Bedeutung gewinnen, wie im Oberharz; auch bei ihnen ist die Erzführung auf prävariskisch gerichtete Spalten zurückzuführen, die den Erzlösungen den Aufstieg ermöglicht haben, bis diese steiler gestellte herzynische Spalten antrafen, durch die sie einen bequemeren Ausweg fanden. In letzterer Hinsicht sei auf die Veröffentlichung von Stahl Bezug genommen, nach der die Gänge des Oberharzes regelmäßig nur da Erze führen, wo sie die Sattelfalten des Gebietes schneiden und wonach in ähnlicher Weise auch auf herzynisch streichenden Gängen bei Selbeck und Lintorf sowie im Altenberger Bezirk bei Aachen die Erzmittel sich gebildet haben. Danach wären die herzynisch gerichteten Blei- und Zinkerzgänge insofern keine ganz selbständigen Erscheinungen, als die Gangspalten nicht direkt zu den Stellen führten, an denen die magmatischen Ausscheidungen stattfanden und

die erzbringenden Lösungen sich bildeten. Im übrigen sei wegen der herzynischen Spalten und Gänge im Rheinischen Schiefergebirge kurz auf die Schrift von Winterfeld verwiesen sowie auf das ihr beigefügte Kartenmaterial.

Bei der weitgehenden Parallität der Sättel und Mulden oder der Horste und Gräben, die zumal im Hunsrück deutlich in Erscheinung tritt, darf vermutet werden, daß diese überhaupt für das prävariskische Gebirge charakteristisch ist, daß dem beschriebenen Streifen gleich gerichtete Streifen sich anreihen und daß, von Ausnahmen abgesehen, auch in diesen Streifen das Auftreten der Blei- und Zinkerze in Verbindung mit prävariskisch verlaufenden Gangzügen die Regel bildet.

Wie bereits gelegentlich der früheren Betrachtungen angedeutet wurde und aus der anliegenden Karte (Taf. IV) ersichtlich ist, folgt dem damals erörterten Streifen nach Nordwesten der Streifen, in dem der Eisenerzbergbau des Siegerlandes umgeht. Die Blei- und Zinkerze verlieren im Verhältnis zu dem Spateisenstein in diesem Streifen an Bedeutung, aber auch bei den hier in Betracht kommenden Lagerstätten scheint die sulfidbringende Lösung überwiegend auf prävariskischen Spalten hochgekommen zu sein. Eigenartig ist es, daß, wie weiter unten noch kurz dargelegt werden wird, sogar die Spateisensteingänge diesen prävariskisch orientierten Streifen bevorzugen, obwohl sie an das Schichtenstreichen nicht gebunden sind.

Weiter nordwestlich würde sich ein Streifen anschließen, dem auf der rechten Rheinseite die Erzbergwerke südlich Bensberg und auf der linken Rheinseite die Erzlagerstätten in der Umgebung von Bleialf zuzurechnen wären. Die hier in Betracht kommenden Bergbaugebiete treten ungefähr in dem gleichen prävariskischen Streichen auf. Der Einfachheit wegen möge das erzführende Gebiet südlich Bensberg kurz als Bensberger Revier bezeichnet werden, obwohl der Ort Bensberg an der nordwestlichen Grenze des Streifens liegt. In Anbetracht der gleichartigen Erzführung dürfte diesem Streifen noch der Strich zuzurechnen sein, der die roten Schichten der Gedinnien umfaßt, die in der Gegend von

Müsen unter der Bezeichnung „Fuchs“ den Bergleuten von Alters her bekannt sind. Auf der Dechen'schen Karte ist dieses Gebiet mit dem Streifen des Siegerlandes verbunden, da die Gliederung der in Betracht kommenden Gebirgsteile damals noch nicht erfolgt war.

Im Bensberger Revier liegen die Verhältnisse nicht so einfach wie im Hunsrück und an der unteren Lahn, wo der gesamte Gebirgsbau prävariskisch eingestellt ist. Zwar weisen auch dort die Schichten zum Teil das gleiche Streichen auf; an anderen Stellen macht sich aber schon die variskische Nachfaltung geltend, was um so weniger auffällig ist, als das Revier von dem Kamme des prävariskischen Gebirges — Idarwald-Hörre — weiter entfernt und zugleich in dem Fortstreichen der bereits variskisch orientierten Attendorn-Elsper Doppelmulde liegt. Daß der Streifen besonders reich an tiefgehenden prävariskischen Spalten sein muß, zeigt schon ein Blick auf das starkgefaltete prävariskisch verlaufende Schichtensystem zwischen Mechernich und Birresborn, das nach Südwesten in diesen Streifen hineinfällt, während dessen nordöstliche Verlängerung bemerkenswerter Weise zu der Einsenkung der jung-paläozoischen Schichten führt, die dort in der Richtung auf Arnsberg in Erscheinung tritt und auf der Karte ebenfalls deutlich zum Ausdruck kommt.

Dem nordwestlichsten Streifen würden die linksrheinischen Erzlagerstätten bei Aachen und die rechtsrheinischen bei Lintorf und Selbeck zuzuteilen sein, die ebenfalls in ein und demselben prävariskischen Streichen liegen; daß sie in beiden Gebieten überwiegend an die ältesten Schichten des Steinkohlengebirges, den Kohlenkalk, gebunden sind, ist wohl kein reiner Zufall.

Die Begrenzung zwischen diesem ersten und dem anschließenden zweiten Streifen würde wohl in dem Aufbruch mitteldevonischer Schichten durch die jüngere Umgebung unwe Velbert zu suchen sein, von wo aus sie bis zu dem nordöstlichen Vorsprung des Hohen Venn nach der linken Rheinseite gezogen werden könnte. Die südöstliche Grenze des zweiten Streifens wäre, ausgehend von der Heraushebung der

mitteldevonischen Schichten aus der jüngeren Umgebung, die auf der Dechen'schen Karte zwischen Arnsberg und Iserlohn in Erscheinung tritt, in südwestlicher Richtung nach der Grenze zwischen Devon und Buntsandstein südlich Mechernich zu ziehen. In diesen Streifen fiele dann zugleich mit der Triasscholle zwischen Sötenich und Nideggen das Bergbaugebiet von Commern und Mechernich und auf der rechten Rheinseite das verlassene Bergbaugebiet von Iserlohn

Auf die Grenze dieses Streifens gegen das Siegerland, die mit dem Gedinnien in Verbindung zu bringen wäre, ist bereits oben hingedeutet worden.

An den Streifen des Siegerlandes reihten sich weiter südöstlich der Streifen der Dillmulde, der Streifen der Lahnmulde und zuletzt der Streifen an, der das Taunusgebiet umfaßt und der sich durch das Herausheben von Taunusquarzit bei Nauheim und die Einlagerung mitteldevonischer Kalke unweit Butzbach und Roßbach wohl noch weiter gliedern ließe.

Die bezeichneten Streifen stehen mit dem prävariskischen Gebirgsbau in Zusammenhang; daß sie bereits auf der stark verkleinerten Dechen'schen Karte deutlich bemerkbar sind, spricht für ihre Berechtigung. Vom bergmännischen Standpunkt aus erschien dem Verfasser die Beschreibung der Blei- und Zinkerzvorkommen des Hunsrücks und des Lahngebietes in Verbindung mit dem, das dortige Gebirge spießwinkelig querenden Streifen seiner Zeit geboten. Wären die eingetretenen Erzmittel nach geologischen Formationen besprochen worden, so würden sie aus dem genetischen Zusammenhang gekommen sein, der durch die langgestreckten erzbringenden Spalten vermittelt wird. Vom bergmännischen Standpunkte aus bietet diese Darstellung auch den Vorteil, daß sie zum Nachdenken über die Fortsetzung der Erzreviere anregt.

Verfasser ist der Meinung, daß die übrigen Blei- und Zinkerzvorkommen des Rheinischen Schiefergebirges in der gleichen Weise zu behandeln wären. Zur Zeit dürfte dies aber verfrüht sein, weil zunächst der unmittelbar anschließende Streifen besprochen werden müßte, der die Spateisenstein- und die Erzgänge des Siegerlandes enthält. Dessen Geologie hat

aber zu weitgehenden Meinungsverschiedenheiten unter den mit der Untersuchung und Kartierung des Gebietes betrauten Geologen Anlaß gegeben, die zu Lebzeiten Denckmanns nicht vollständig behoben werden konnten. Später ist eine gewisse Verständigung erfolgt; als Unterlage für weitere bergmännische Betrachtungen fehlt es aber auch heute noch an dem nötigen Kartenmaterial.

Das Auftreten der Spateisenstein- und Schwerspatgänge.

Ganz abweichend von der Verbreitung der sulfidischen Erze ist das Vorkommen des Spateisensteins. Während jene mit prävariskisch verlaufenden tiefgehenden Zubringerspalten in Zusammenhang stehen, tritt der Spateisenstein vorzugsweise in den meridional oder äquatorial gerichteten Gangzügen auf, die sich in dem Streifen des Siegerlandes besonders entwickelt haben, aber auf diesen Streifen nicht beschränkt sind. Durch variskisch orientierte Geschiebe pflegen die meridional gerichteten Gangzüge in einzelne Abschnitte zerlegt und zugleich abgelenkt zu werden, so daß sie sich in ihrem gesamten Verlaufe dem prävariskischen Schichtenstreichen nähern. Auch in den unmittelbar benachbarten Streifen treten vererzte Spateisensteingänge einerseits bei Ems im Westerwaldgebiet und andererseits im Bensberger Revier vereinzelt auf. Da ein Eingehen auf Einzelheiten heute noch verfrüht wäre, möge hier nur darauf hingewiesen werden, daß der Gebirgsstreifen, in dem die Spateisensteine des Siegerlandes vorkommen, prävariskisch verläuft, in der Breite von Bendorf bis Unkel den Rhein quert und in seiner weiteren Erstreckung die Mosel berührt. Wie bereits erwähnt, sind die meridional und äquatorial gerichteten Gangmittel, die Mittaggänge und Morgengänge, vorherrschend. Daneben treten aber auch herzynisch verlaufende Erzmittel auf, die Quiring als Quergänge bezeichnet, während er die prävariskisch gerichteten Gänge, die in dem Spateisensteinbezirk zu den Seltenheiten gehören, unerwähnt läßt. Winterfeld hat die meridional streichenden Verwerfungsspalten, die zum großen Teil

erst nach den Spateisenstein führenden Gangspalten entstanden sind, aber auf der gleichen Ursache beruhen, weithin verfolgt. Spateisensteinführend sind nur ältere Spalten, die zur Unterdevonzeit bereits da waren und diese in der Hauptsache auch nur in dem oben bezeichneten prävariskisch verlaufenden Streifen.

Im engeren Bezirk des Siegerlandes, der mit seiner unmittelbaren Umgebung den nordöstlichen Teil des Streifens bildet, hat dank der Erfolge der in den letzten Jahren dort tätig gewesenen Geologen die Klarstellung der Gebirgsverhältnisse erhebliche Fortschritte gemacht. Nach Quiring wird der Gebirgsbau des Siegerlandes durch den breiten Siegener Hauptsattel bestimmt, der in seiner Mitte eine Spezialmulde trägt und dem sich nach NW und SO zahlreiche größere und kleinere Falten anlegen. Die Gesteine, die sich an diesem Aufbau beteiligen, sind teils sandiger, teils toniger Art, und es bestehen wenig Ausnahmen von der Regel, daß bauwürdige Eisensteinmittel sich nur in rauhen, ehemals sandigen oder doch rauh gebänderten Schichten gebildet, während die tonigen Sedimente ungünstig auf die Gangausbildung eingewirkt haben. Nach Quiring lassen sich deshalb die Siegener Schichten in haltige (fertile) und unhaltige (sterile) Gruppen einteilen. Da nun die ältesten Siegener Schichten den Tonschieferhorizont bilden, also toniger Art sind, treten in den größeren Sätteln oder Horsten hauptsächlich die sterilen Gebirgsglieder an die Oberfläche und in den Mulden oder Gräben die fertilen. Demgemäß werden die Gangspalten in der Regel erzführend, sobald sie in fertile Schichtengruppen eintreten, was mit dem Eintritt in eine Mulde gleichbedeutend ist, während Zuschlüsse der Erzmittel erfolgen, wenn die Gangspalten wieder in sterile Gebirgsglieder übergehen, also einen Sattel queren. Wegen der Einteilung und des Verlaufes der Siegener Schichten in dem engeren Siegerland sei im übrigen auf den Vortrag hingewiesen, den der dem Bergbau des Siegerlandes nahe stehende und in Siegen wohnende Geologe, Herr Dr. Henke, gelegentlich der letzten Hauptversammlung des Naturhistorischen Vereins in Siegen gehalten hat und der in

dem gegenwärtigen Band der Verhandlungen wiedergegeben worden ist.

Für den Bergbau muß auch die Frage von Interesse sein, ob eine Ausdehnung des Siegerländer Gangsystems in der nordöstlichen Fortsetzung des prävariskischen Streifens, also nach der Hessischen Senke zu oder in den beiderseits benachbarten Streifen etwa zu erhoffen wäre. Dahingehende Bemühungen zur Erschließung neuer Ganggebiete wären bisher verfrüht gewesen. Andererseits kann die Frage nicht ohne weiteres verneint werden, denn die Spateisensteingänge, die in dem Hunsrückgestein an der Mosel nur schwach entwickelt sind, nehmen mit dem Übergang in die gleichalterige Facies der Grauwacken- und Grauwackenschiefer nach Nordosten an Zahl und Mächtigkeit zu. Es ist deshalb nicht ausgeschlossen, daß sie mit der größeren Annäherung an die Hessische Senke noch zahlreicher und edler werden; indessen sind dort die altdevonischen Schichten des Siegerlandes von mitteldevonischen Schichten überdeckt, die die Spateisensteingänge der Beobachtung entziehen. Das letztere gilt auch von der Fortsetzung der meridional gerichteten Gangspalten in die beiderseits benachbarten Streifen.

Nach alledem beruht die Entwicklung der Spateisensteingänge in dem Siegerländer Streifen darauf, daß eine Anzahl meridional gerichteter Spaltenzüge das prävariskische Gebiet, das sich etwa von dem Mittelpunkte Siegen in südwestlicher Richtung über den Laacher See hinaus bis in die Gegend zwischen Wittlich und Birresborn erstreckt, durchsetzten und in ihm bei günstigem Gebirgsverhalten erzführend wurden, wobei die Vererzung sich auch auf Spalten herzynischer Richtung erstreckte, die gemeinsam mit den meridionalen Spalten durch erneute Beeinflussung des Untergrundes infolge jüngerer Gebirgsbewegungen entstanden.

Meridional gerichtet sind auch die Mehrzahl der Schwerspatgänge im Dillbezirk, darunter der auf 4900 m Länge bekannte Schwerspatgang zwischen Burg und Merkenbach. Nach der herrschenden Meinung sind diese Gänge jungtertiären Alters und es beweist dies, daß die atlantische Veranlagung

bis in die jüngste geologische Zeit auf die Gangbildung von Einfluß gewesen ist.

Ein Streiflicht auf die gegenseitigen Altersverhältnisse der Falten, Spalten und Gänge.

Die älteste im Rheinischen Schiefergebirge an der Oberfläche bemerkbar werdende Faltung ist die prävariskische. Zur Zeit der Entstehung der Spateisensteingänge, die sich nach allgemeiner Annahme während des oberen Unterdevons oder des unteren Mitteldevons in der Hauptsache vollzogen hat, muß dieses Gebirge bereits vorhanden gewesen sein; vom Siegerländer Standpunkt aus hat Denckmann es deshalb als „präsideridisch" bezeichnet. Im Sinne von Ahlburg, der zuletzt geneigt war, dem kaledonischen Druck eine längere Nachwirkung zuzuschreiben und der diese auch im Rheinischen Schiefergebirge wahrzunehmen glaubte, hätte man dessen Anfänge wohl auch als postkaledonisch ansprechen dürfen. Wer aber die europäischen Faltengebirge in einem gewissen Zusammenhange betrachtet, wird in den vorliegenden Erscheinungen eine postkaledonisch-prävariskische Zwischenfaltung erblicken können.

Dieses Gebirge ist sehr frühzeitig anderen Druckwirkungen unterworfen worden. In letzterer Hinsicht sei zunächst an die Querbänkung erinnert, die in der Literatur weniger Beachtung gefunden hat, zumal sie von dem Bergbau und dem Dachschieferbetrieb bisher nicht störend empfunden worden ist. Diese Tatsache dürfte dafür sprechen, daß die Querbänkung zu der Zeit, in der die Spalten der Erzgänge und die Dachschieferbänke sich bildeten, in der Hauptsache bereits vorhanden war und wenn es daneben auch an herzynisch gerichteten Verwerfungen nicht gefehlt hat, so dürften diese doch jünger sein, wie die eigentliche Querbänkung. Wenn letztere zugleich älter ist, wie die Spateisensteingänge, müßte ihr ein frühdevonisches Alter zugeschrieben werden; sie wäre dann gleichzeitig mit der prävariskischen Faltung oder im unmittelbaren Anschluß daran erfolgt und die Auswirkung der herzynischen Zerklüftung

hätte sich im Rheinischen Schiefergebirge noch früher bemerkbar gemacht, wie im Schwarzwald, wo sie nach Deecke erst im Karbon festgestellt wurde.

Daß die Schieferung in der Hauptsache unter dem variskischen Druck am Ende der Karbonzeit entstanden ist, wurde oben bereits erwähnt. Da aber die streichend verlaufenden Gangmittel mit sulfidischen Erzen oft an die Schieferung gebunden sind, ohne dabei hinsichtlich ihres Aneinanderreihens die prävariskische Orientierung zu verlassen, muß die Ausbildung der einzelnen Erzmittel nach dem variskischen Schub erfolgt sein. Das Aufreißen der Gangspalten und die Ausbildung der Gangmittel durch Ausfüllung mit Gangart und sulfidischen Erzen dürfte auf epirogenetischen Vorgängen beruhen, die sich von Zeit zu Zeit wiederholt und dann zu neuen Ansätzen in den Gangspalten Veranlassung gegeben hätten, so daß nach und nach in einer älteren geologischen Periode von den Gangarten insbesondere der Spateisenstein und der Gangquarz, sowie in einer jüngeren Zeit an der Mehrzahl der Fundstellen der Schwerspat zur Ausscheidung gelangt, während von den wichtigeren sulfidischen Erzen nacheinander Zinkblende, Kupferkies und Bleiglanz eingedrungen wären. Es ist anzunehmen, daß die Bildung der Erzmittel lange geologische Zeiträume in Anspruch genommen hat. Durch Vergleich zwischen den einzelnen Lagerstätten im Rheinischen Schiefergebirge einerseits, wie mit den Lagerstätten der entfernteren Reviere andererseits dürften sich auch Anhaltspunkte für die Beurteilung des Alters der verschiedenen Erzausscheidungen ergeben; an dieser Stelle würde dies aber zu weit führen.

Rückblick.

Die obigen Ausführungen lassen sich hinsichtlich des Rheinischen Schiefergebirges wie folgt zusammenfassen:

1. Im Rheinischen Schiefergebirge sind drei Spaltensysteme vorherrschend, von denen das eine etwa in Nordwest-Südost-Richtung (herzynisches Streichen), das andere

etwa in Nord Süd-Richtung (rheinisches Streichen) und das dritte etwa in Südwest-Nordost-Richtung (prävariskisches und variskisches Streichen) verläuft.

2. Von diesen drei Spaltensystemen scheint der Veranlagung nach das herzynische das älteste (altkontinentale Veranlagung), das rheinische das zweitälteste (atlantische Veranlagung) und das prävariskisch-variskische (europäische Veranlagung) das jüngste zu sein.

3. Auf den drei Spaltensystemen haben die gebirgsbildenden Bewegungen bis in die jüngere geologische Zeit angehalten und dauern, wie anzunehmen, bis in die Gegenwart fort. Diese Bewegungen sind aber auf den einzelnen Systemen nicht immer und nicht überall gleichzeitig und gleichmäßig gewesen; rein örtlich kann sich deshalb die Auswirkung auf das jetzige Gebirge auch in anderer Reihenfolge vollzogen haben.

4. Die drei Spaltensysteme haben zur Bildung der hauptsächlichsten Erzgänge Veranlassung gegeben, die sich nach dem Umfange ihrer Verbreitung in umgekehrter Reihenfolge, wie die Veranlagung der Spaltensysteme, in nachstehender Weise zusammenfassen lassen:

a) Die prävariskisch verlaufenden Gänge treten als lang ausgedehnte Gangzüge in Erscheinung und führen, von Ausnahmen abgesehen, sulfidische Erze; beim Kreuzen anders gerichteter Gangspalten konnten sie auch in diesen zur Bildung von Erzmitteln Veranlassung geben.

b) Rheinisch orientiert sind im allgemeinen die Spateisensteingänge, die in dem Streifen des Siegerlandes zur größten Entwickelung gelangt sind. Unter dem Einfluß variskisch verlaufender Geschiebe bilden sie zum großen Teil meridional gerichtete Gangzüge, die sich in ihrem Verlaufe dem prävariskischen Schichtenstreichen nähern. Zugleich mit den meridional gerichteten Mittagsgängen und in Verbindung mit diesen sind oft auch äquatorial verlaufende Morgengänge oder seltener herzynisch streichende Quergänge entstanden.

c) Herzynisch gerichtete Quarz- oder Gesteinsgänge sind zahlreich vertreten und oft auf lange Erstreckung verfolgt.

Wie unter a und b angedeutet, sind sie hinsichtlich der sulfidischen Erzmittel, die sie enthalten, im allgemeinen an die prävariskisch verlaufenden erzführenden Gangzüge und hinsichtlich der Spateisensteinmittel an die Spateisensteinzüge gebunden, mit denen sie örtlich vergesellschaftet sind.

Aus alledem geht hervor, welche Bedeutung die drei Spaltensysteme für den Bergbau haben. In vielen Fällen wird es für den Bergmann von Interesse sein, nicht nur die Gänge, die Verwerfungen und Überschiebungen als solche zu kennen, sondern auch den Ursachen für die vorkommenden Erscheinungen nachzugehen. Zweck der vorliegenden Arbeit war es, zur Klärung dieser Verhältnisse beizutragen.

Literatur.

Bornhardt, W., Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seine Umgebung, Arch. f. Lagerstättenf. Heft 7. Geol. Landesanstalt. Berlin 1912.

Bubnoff, S. v., Der Gebirgsbau Osteuropas. Geol. Rundsch. Bd. 15. Berlin 1924.

Deecke, W., Die Stellung der oberrh. Massive im tekt. Bau Deutschlands u. s. w. Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges. Bd. 73. Monatsberichte 1921.

Denkmann, A., Neue Beobachtungen über die tekt. Struktur der Sieg. Spateisensteingänge. Arch. f. Lagerstättenf. Heft 6. Geol. Landesanst. Berlin 1912.

Grupe, O., Über das Altersverh. d. herz- u. rhein. Dislocationen. Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges. Bd. 74. Monatsberichte 1922.

Haarmann, E., Über das Altersverh. d. herz. u. rhein. Dislocationen. Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges. Bd. 74. Monatsberichte 1922.

Kayser, E., Lehrbuch d. All. Geologie. Enke, Stuttgart 1924.

Quiring, H., Über Wesen und Ursprung der postvariskischen Tektonik Nordwestdeutschlands. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. Bd. 76. Monatsberichte 1924.

Quiring, H., Das Gesetz des Einschiebens und der Vertaubung der Spateisenstein- und Eisenglanzgänge des Siegerlandes. Arch. f. Lagerstättenf. Heft 33. Geol. Landesanst. Berlin 1924.

Stahl, A., Über die Beziehungen der Erzführung einiger Blei-Zinkerzgänge zur Tekt. d. Nebengest. Zeitschr. für prakt. Geol. Jahrg. 28. Halle 1920.

Vogel, H., Betracht. über den Aufbau des Rhein. Schiefergebietes. Verhandl. des Naturhist. V. d. preuß. Rheinl. u. Westf. Jahrg. 76. Bonn 1919.

— Vergl. Betracht. über das varisk. Geb. am Rhein und in Oberschlesien. Beilage zu den Verh. d. Naturh. V. d. preuß. Rheinl. u. Westf. Jahrg. 77. Bonn 1920.

Weber, M., Zum Probl. d. Grabenbildung. Zeitschr. der deutsch. Geol. Ges. Bd. 73. Abhandl. Berlin 1922.

Winterfeld, F., Über merid. Verwerfungssp. u. s. w. Neues Jahrb. f. Min. u. s. w. Beilage Bd. 33. Stuttgart 1912.

— Über die Selbst. u. d. Entst. herz. Verwerfungssp. Neues Jahrb. f. Min. u. s. w. Beilage Bd. 43. Stuttgart 1920.

— Die größte Verwerfungssp. d. Planeten Erde. Gewidmet dem Bund d. Sternfreunde. Köln 1923.

Ist der Lebensvorgang bei den Tieren der Moosfauna im erstarrten Zustand nur herabgesetzt oder ganz unterbrochen?

Von

P. G. Rahm.

Seit der merkwürdigen Entdeckung A. van Leeuwenhoeks (1), daß im ausgetrockneten Staube der Dachrinne kleine Lebewesen sich aufhalten, die nach Befeuchten im Wasser die Fähigkeit besitzen ihre Lebensfunktionen, die im erstarrten Zustand zu ruhen scheinen, wieder aufzunehmen, ist die Frage nach der Art und Weise des Lebensvorganges im Zustand der Ruhe immer wieder aufgeworfen worden. Leeuwenhoek (1) selbst nahm an, daß die Tiere überhaupt nicht austrocknen, sondern genügend Wasser im Körper aufzuspeichern vermögen. Ein ausgetrockneter Organismus unterscheidet sich nach ihm in keiner Weise von einem toten. Andererseits waren Needham (1750) (2), Baker (1753) (3), Fontana (1771) (4), Spallanzani (1776) (5) überzeugt, daß die ausgetrockneten Tiere sich in nichts von den toten unterschieden und daß manche aus dem toten Zustand in den lebendigen zurückkehren können. Seit Carus (1834) (6) in seinen naturphilosophischen Abhandlungen zum ersten Male vom latenten Lebenszustand sprach, glaubte man die rätselhafte Erscheinung der Anabiose, wie die Fähigkeit des Wiederauflebens nach dem Eintrocknen genannt wurde, auch dazu rechnen zu müssen. Im latenten Lebenszustand befinden sich Organismen, bei denen wir nach unseren jetzigen Forschungsmethoden zwar keine Stoffwechseläußerung mehr wahrzunehmen vermögen, bei denen aber unmerklich eine „vita minima“, ein geringster Lebensvorgang noch stattfinden soll. Auf den Streit der Meinungen soll nicht weiter eingegangen werden.

Baumann (7) hat dies bereits in übersichtlicher Weise im Zoologischen Jahrbuch dargelegt. Es sei hier nur kurz auf Ehrenberg (1838) (8), Doyère (1842) (9), Davis (1873) (10) und in neuerer Zeit Lance (1896) (11), Zacharias (1896) (12), Jacobs (1909) (13), Schultz und Singol (14) und auch Baumann (1922) (7) hingewiesen, die alle eine völlige Unterbrechung der Lebensvorgänge in der Anabiose für ausgeschlossen halten, teils weil sie an eine tatsächliche Austrocknung nicht glauben oder bei noch so geringem Wasservorrat einen sehr verlangsamten Stoffwechsel annehmen.

An anderen Orten (15 und 16) bin ich bereits der entgegengesetzten Auffassung, die in neuerer Zeit von Preyer (1873) (17), Claude Bernard (1878) (18), Pflüger (1889) (19), Kochs (1890) (20) und Verworn (1922) (21) vertreten wird, beigetreten, obwohl ich anfangs von einer völligen Unterbrechung der Lebensvorgänge in der Starre nicht überzeugt war (vgl. 22). Preyer (17) geht von einer ganz mechanischen Auffassung des Lebens in der lebendigen Substanz aus, das sich seiner Meinung nach von den anorganischen Körpern nicht unterscheidet. Er sucht seine Ansicht zu stützen mit dem Hinweis auf die eingefrorenen und ausgetrockneten Tiere und Pflanzen, die man „im kalten, luftleeren Raume ohne Nahrung, ohne Wasser jahrelang aufbewahren könne, so daß sie an jedem beliebigen Tage nach Anfeuchtung an der Luft in der Wärme, auferstehen", usw. Die Tatsache des völligen Stillstandes der Lebensvorgänge steht ihm so „unumstößlich fest", daß er sich nicht wundern würde, „wenn man selbst vorweltlichen Pflanzensamen aus dem Magen eines der unversehrt in natürlichen Sarkophagen aus hunderttausendjährigen im sibirischem Eise erhaltenen Mammuths zum Keimen brächte". Claude Bernard (18) schloß sich ganz Preyers Auffassung an und meint, daß die Beziehung des Tieres zur Umwelt während des latenten Lebenszustandes aufgehoben sei. Das Tier könne nichts mehr empfinden, da der Stoffwechsel bis in die Zellen hinein still stehe. Aber eine Entscheidung in der Frage, ob wirklicher Stillstand eingetreten sei oder noch eine vita minima stattfinde, hält er vorläufig für ausgeschlossen

da man erst eine uneingeschränkte Lebensdauer der Tiere in der Anabiose nachweisen müßte. Da dies aber überhaupt unmöglich sei, läßt er die Frage ungelöst. Auf die Versuche Kochs (20) wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen (22). Die Versuche scheinen mir nicht einwandfrei, da die zu Gebote stehenden Hilfsmittel auch heute noch nicht gestatten, die geringste Stoffwechseläußerung bei den winzigen Tieren der Moosfauna nachzuweisen. Bei Pfanzensamen, mit denen Kochs die Versuche anstellte, wurde übrigens schon öfters eine Stoffwechseltätigkeit — es kommt nur die dissimilatorische Phase in Betracht — nachgewiesen. Verworn erkennt die Beweiskraft der Kochschen Versuche auch in der nach seinem Tode von Fröhlich besorgten 7. Auflage seiner „Allgemeinen Physiologie" ganz und gar an und meint: „Nach den Ergebnissen dieser Versuche können wir keinen Zweifel mehr hegen, daß in den eingetrockneten Organismen das Leben in der Tat vollkommen still steht". Sie sind aber auch nicht als tote Organismen zu bezeichnen, sondern nehmen zwischen den aktuell lebenden und toten eine Mittelstellung ein, die er nach dem Beispiel von Carus und Claude Bernard latentes Leben nennt (21).

Auf Grund zahlreicher Untersuchungen mit den Tieren der Moosfauna, zu denen im engeren Sinne die Nematoden, Rotatorien und Tardigraden gehören, nehme ich auch einen vollkommenen Stillstand der Lebensfunktionen im anabiotischen Zustand an. Die Versuche, so verschiedenartig sie auch sein mögen, unterscheiden sich von den vorher von Kochs angestellten dadurch, daß ein Stoffwechsel in direktem Sinne nicht nachgewiesen werden sollte, was ich bei der geringen Menge an Versuchstieren, die für gewöhnlich zur Verfügung stehen und bei der Kleinheit der Objekte für ausgeschlossen halte, so lange uns nicht feinere Methoden einen luftleeren Raum herzustellen bekannt sind. Die verwandten Agentien, seien sie chemischer oder physikalischer Natur, sollten die Möglichkeit eines Lebensvorganges, in unserm Falle kann es sich nur um Stoffwechselvorgänge handeln, ausschließen. Es wurden zunächst die Versuchsröhrchen mit Edelgasen gefüllt, die man

physiologisch einwandfrei im verdampften Zustand gewonnen hatte (16). Hinzuzufügen ist noch, daß außer Helium und Wasserstoffgas auch Argon zur Verwendung kam. Das Ergebnis der Versuche, die unter wechselnden Versuchsbedingungen im Laufe mehrerer Jahre angestellt wurden, war wesentlich dasselbe. Es erwachte nach dem Aufbrechen der zugeschmolzenen Röhrchen und beim Anfeuchten der größte Prozentsatz der im Moose eingetrockneten Nematoden, Rotatorien und Tardigraden. Das gleiche war der Fall mit den im Röntgenvakuum eingeschlossenen Tiere, obwohl man bei diesem Versuche noch an manche Fehlerquellen denken könnte. Es ist zwar nicht gut möglich, daß Teile des mit eingeschlossenen Moosrasens durch Assimilation Sauerstoff erzeugen, da ein solcher Stoffwechselvorgang ohne Anwesenheit von freiem Wasser nicht denkbar ist. Aber so lange es uns nicht gelingt ein ganz einwandfreies vollkommenes Vakuum herzustellen, muß man immer noch mit, wenn auch kleinsten Teilchen Sauerstoffs rechnen, die so fest haften, daß sie mit unsern Mitteln ohne die Lebewesen etwa durch starkes Erwärmen abzutöten nicht zu entfernen sind, die freilich aus denselben Gründen zum Stoffwechselvorgang kaum in Betracht kommen.

Die Gegner unserer Auffassung stellen mit Recht die Gegenfrage, weshalb ein noch so starkes Erwärmen den Tieren, deren Lebensfunktionen doch zum gänzlichen Stillstand gekommen seien, schädlich sein sollte. An anderer Stelle (15) habe ich bereits darauf hingewiesen, daß das Protoplasma als kolloidale Lösung den manigfachsten chemischen Veränderungen auch im ausgetrockneten Zustand unterworfen ist. Möglich wäre es, daß die allzu lang andauernde Starre die chemische Beschaffenheit des Protoplasmas auch ohne Annahme eines Stoffwechsels so beeinflußt, daß es beim Zusatz von Wasser nicht mehr im Stande ist, die Bedingungen für einen geordneten Verlauf der Stoffwechselvorgänge zu liefern. Ebenso wenig kann man die Unmöglichkeit des Stoffwechselstillstandes dadurch beweisen, indem man auf die Tatsache hinweist, daß ein Leben von unbegrenzter Dauer in der Starre noch nicht nachgewiesen werden konnte, daß im Gegenteil die Tiere nach

einer je nach der Art wechselnden, aber bestimmten Zeitdauer auch im Starrezustand zu Grunde gehen. Mit Recht hat schon Kochs (20) darauf aufmerksam gemacht, daß „ein Gemenge kompliziert zusammengesetzter Substanzen, welche sich wohl zumeist im labilen Gleichgewicht befinden, bei wechselnder Temperatur nicht unverändert bleiben. Die chemische Zusammensetzung muß sich durch Umlagerungen allmählich so weit ändern, daß die Grundbedingung einer bestimmten chemischen Zusammensetzung, aus der das Leben entstehen kann (besser müßte es heißen, ohne die das Leben nicht bestehen kann), nicht mehr zutrifft. Eine unbegrenzte Aufbewahrung völlig scheintoter Objekte scheint mir demnach unmöglich".

Bei den in Betracht kommenden Tieren der Moosfauna wurden im anabiotischen Zustande noch folgende Beobachtungen gemacht, die meiner Meinung nach auch für einen gänzlichen Stillstand des Lebensvorganges sprechen. Nach Baumanns (7) Untersuchungen und meinen eigenen Erfahrungen nimmt der Darminhalt und die Verfärbung desselben während der Starre nicht ab. Gelingt es den Tieren nicht in der Periode des aktuellen Lebens sich des Darminhaltes, also der Exkremente zu entledigen, so kann dieser Umstand leicht zu einer Vergiftung des Organismus beitragen oder beim Wiederanfeuchten wirkt der im Darm festsitzende Nahrungspfropfen schädigend auf die Umlagerung der innern Organe ein. Es mag noch hinzugefügt werden, daß die schädlichen Einwirkungen, die Baumann an den Trockenformen durch Schnittserien feststellen konnte (7), immer von außen her erfolgten, nicht etwa durch Hungereinwirkung, also Stoffwechselerscheinung. Die Epidermis flacht sich stark ab und zeigt keine besondere Struktur mehr. Die Kerne unter der Kutikula sind flach gedrückt und nur schwer nachweisbar; das Plasma ist zu einem „verschwommenen Syncytium verquollen". Die Beobachtung Baumanns, daß sich während der Anabiose ein Sekret durch Stoffwechselvorgang bildet, das das Tierchen gegen allzu starke Austrocknung schützt, ist insofern richtig zu stellen, daß dieses Sekret beim Übergang aus dem manifesten Leben in den Starrezustand, also noch unter dem Einwirken der letzten

Stoffwechselerscheinungen zu Stande kommt. Zum Schlusse — die kurz zusammengestellten Ausführungen werden in erweiterter Form demnächst erscheinen — sei noch darauf hingewiesen, daß die Kälteexperimente — besonders der Dauerversuch von mehr als $1\,^1/_2$ Jahren in der flüssigen Luft (16) — Stoffwechselvorgänge, seien sie assimilatorisch oder dissimilatorisch, die nach den Ausführungen Baumanns die Anwesenheit von Wasser voraussetzen, ausschließen. Aus demselben Grunde wäre auch der Einwand einer anaeroben Stoffwechselerscheinung zurückzuweisen.

Literatur.

1. Leuwenhoek, A. van, Epistolae ad societatem regium Anglicam et alios illustres viros seu continuatio mirandorum arcanorum naturae detectorum. Lugd. Bat. 1719.
2. Needham, T., Nouvelles observations microscopiques avec des découverts intéressant sur la composition et la décomposition des corps organisés. Paris 1750.
3. Baker, H., Employment for the microscope. London 1753.
4. Fontana, F., Expériences sur la propagation et la sexualité des Anguillules. Novelle letterarie di Firenza-supplemento al N. 30. 1771.
5. Spallanzani, L., Opuscoli di fisica animale e vegetabile Osservazioni e sperienze intorno ad alcuni prodigiosi animali ch'è in balia del l'osservatore il farli tornare da morte a vita. op. 4. V. 2. Modena 1776.
6. Carus, C., G. Archiv Anat. Physiol. 1834.
7. Baumann, H., Die Anabiose der Tardigraden. Zool. Jhrb. Abt. Syst. 1922.
8. Ehrenberg, G , Die Infusionstierchen. Berlin 1838.
9. Doyère, L., Mémoire sur les Tardigrades. Ann. Sc. nat. (2). 1842.
10. Davis, H., New Callidina(vaga) with the result of experiments on the dessication of Rotifers. Monthly microsc. Journ. V. 9. 1873.
11. Lance, D., Contribution à l'étude anatomique et biologique des Tardigrades. Paris 1896.
12. Zacharias, O., Können die Rotatorien und Tardigraden nach vollständiger Austrocknung wieder aufleben oder nicht? Biol. Centralbl. V. 6. 1886–1887.
13. Jacobs, M. H., The effects of the dessication on the Rotifer Philodina roseola. Journ. exp. Zool. V. 6. 1909.
14. Schultze, E. und Singol, A , Einige Beobachtungen und Experimente über Anabiose. Biol. Centralbl. V. 34. 1914.

15. Rahm, G., Gibt es einen Stillstand des Lebens, ohne daß der Tod eintritt? Umschau 1924.
16. Ders., Beitrag zur Kenntnis der Moostierwelt der preußischen Rheinlande. Archiv f. Naturg. Jhrg. 90. 1925.
17. Preyer, W., Über die Erforschung des Lebens. Jena 1873.
18. Bernard, Claude, Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et végetaux. 1878.
19. Pflüger, W., Die allgemeinen Lebenserscheinungen. Bonn 1889.
20. Kochs, W., Kann die Kontinuität der Lebensvorgänge zeitweilig unterbrochen werden? Biol. Centralbl. 10. B. 1890.
21. Verworn, M., Allgemeine Physiologie. 7. Auflage von Fröhlich. Jena 1922.
22. Rahm, G., Biologische und physiologische Beiträge zur Kenntnis der Moosfauna. Zeitschr. Allg. Physiol. B. 20. 1921.

Die Stratigraphie der Siegener Schichten.

(Vortrag, gehalten bei der Hauptversammlung des Vereins in Siegen, Juni 1925.)

Von

W. Henke.

M. H. Als Sie im Jahre 1882 Ihre Hauptversammlung in Siegen abhielten, legte Ihnen der damals hier tätige Markscheider Kliver eine geologische Karte des Siegerlandes vor und hielt Ihnen einen Vortrag über die geognostischen Verhältnisse dieses Gebietes. Die Faltung der Schichten und die merkwürdige gruppenweise Anordnung der Eisensteingruben wie der Blei- und Zinkerzgruben hatte ihn zu einer Zweiteilung der Siegener Schichten geführt. Die Karte[1]) zeigte die Verbreitung der beiden Horizonte, von denen der jüngere in mehreren langgestreckten Mulden in dem älteren Horizont eingefaltet liegt. In dem jüngeren Horizont sollen die Eisenerze aufsetzen, während der ältere die Blei- und Zinkerzlagerstätten beherbergt. Faunistisch wie petrographisch konnte er diese Einteilung nicht stützen. Seine Gliederung und die darauf gestützte Theorie der Verteilung der nutzbaren Mineralien konnten nicht aufrecht erhalten werden. Wenn auch die Ergebnisse von Kliver bald überholt wurden, so sind doch seine hiesigen Arbeiten anzuerkennen. Kliver benützte die zusammenhängenden Grubenaufschlüsse für seine Untersuchungen. Wie sorgfältig er seine Nebengesteinsaufnahmen dort betrieb, kann heute noch auf alten Grubenbildern festgestellt werden. Leider hat man seine Arbeiten in dieser Weise nicht fortgesetzt, erst seit den letzten 5 Jahren werden wieder die Grubenaufschlüsse geologisch kartiert, und es wird versucht, das Versäumte der

1) ist leider verloren gegangen.

letzten Jahrzehnte nachzuholen, um ein geologisches Beobachtungsmaterial zusammenzutragen, aus dem sicherere Rückschlüsse als bisher für die Praxis zu ziehen sind.

Wie Sie im Jahre 1902 wieder Ihre Hauptversammlung hier abhielten, trug Ihnen Drevermann das Ergebnis seiner Untersuchungen im Siegerlande vor. Während Kliver von der Verbreitung der Erze und der Lagerung der Schichten ausging, benutzte Drevermann die Fossilien zu seiner Gliederung und begründete somit die moderne Stratigraphie unseres Gebietes. Eine Monographie der Siegener Fauna folgte seinem Vortrag, in der er seine Gliederung weiter begründete, die aber auch bald überholt wurde.

Heute sind Sie zum dritten Mal hier, um Ihre Hauptversammlung abzuhalten, und so will ich Ihnen kurz einen Überblick geben, was in den letzten 23 Jahren hier gearbeitet wurde und wie heute die Siegener Schichten gegliedert werden.

1901 war Bornhardt nach Siegen als Revierbeamter und Bergschuldirektor gekommen, mit großer Liebe und Erfolg nahm er sich der Geologie seines Revieres an und legte seine reichen Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse in einem zweibändigen Werk, „Die Gangverhältnisse des Siegerlandes", nieder.

1904 begann Denckmann die Arbeiten für die geologische Landesaufnahme. Nach zweijähriger Begehung des ganzen Siegerlandes stellte er eine Gliederung der Siegener Schichten in sechs Horizonte auf und trennte das Verbreitungsgebiet der Siegener Schichten von den älteren und jüngeren Schichten ab. Gleichzeitig gab er eine Übersichtskarte heraus, auf der er seine Stratigraphie und Tektonik zur Darstellung brachte.

Als 1907 von W. E. Schmidt und mir die Spezialkartierung der Blätter Freudenberg und Wenden nach diesen Ansichten in Angriff genommen wurde, stellten sich Schwierigkeiten in der Durchführbarkeit der Stratigraphie ein. Nach vierjähriger Arbeit kamen wir zu dem Ergebnis, daß die Denckmannsche Gliederung und Tektonik nur mit erheblichen Änderungen anwendbar sind, und so wurden unsere Arbeiten in diesem Gebiet abgebrochen.

Von 1911 bis 1919 wurden von Denckmann allein die geologischen Arbeiten fortgesetzt. Die Ergebnisse dieser Zeit legte er in seinen Arbeiten, „Neue Beobachtungen über die tektonische Natur der Siegener Spateisensteingänge", Teil I und II, „Geologische Grundriß- und Profilbilder als Erläuterung zur älteren Tektonik des Siegerlandes", nieder. Eine Änderung seiner ersten Auffassung brachten diese Arbeiten nicht.

1920, als die Siegerländer Gruben mich als ihren Geologen hier anstellten, wurde es mir möglich, meine hiesigen Arbeiten wieder aufzunehmen. Außerdem waren von dieser Zeit an noch Fuchs, Schmidt und Quiring als Geologen der Landesanstalt hier tätig. Durch eine sorgfältige Kleinarbeit, besonders durch die im Auftrag der Gruben ausgeführte geologische Aufnahme der Grubenbaue, wurde ein Material zusammengetragen, das mich im Jahre 1921 zu einer Dreigliederung der Siegener Schichten führte, die sich bei allen weiteren Arbeiten bis heute bestätigt hat. Unabhängig kam Quiring zu derselben Zeit zu einer fast gleichen Einteilung, während er die Namen der drei obersten Horizonte von Denckmann auf seine Gliederung übertrug, trotzdem sie nur teilweise der ursprünglichen Fassung entsprachen, wählte ich neue Namen, „untere Crassicosta-Schichten, Primaevus-Schichten und obere Crassicosta-Schichten". Durch die Einführung dieser neuen Bezeichnung sollte angedeutet werden, daß mehr die Fauna als die petrographische Ausbildung der Gesteine für diese Gliederung verwertet wurde.

Die geringen Unterschiede in der Abtrennung der Horizonte von Quiring und mir und die verschiedene Benennung derselben wurde 1923 durch die Übereinkunft mit der Landesanstalt in der Weise beseitigt, daß künftig bei den Arbeiten der Landesanstalt und denen der Geologischen Beratungsstelle der Siegerländer Bergbauhilfskasse die Abgrenzung der Horizonte in meinem Sinne erfolgt, und daß für die Horizonte die von Quiring gewählten Denckmannschen Namen genommen werden.

1923 kamen Helmbrecht und Wedekind mit einer neuen Gliederung heraus, die auf biostratigraphischer Grundlage auf-

gebaut ist. Sie bringt teilweise eine Bestätigung unserer Dreigliederung, anderseits scheint sie durch ungenügendes Material und durch eine Beeinflussung von der Denckmannschen Gliederung zu unrichtigen Schlüssen geführt zu haben.

Fast 30 Veröffentlichungen[1]), stratigraphischen, tektonischen oder lagerstättenkundlichen Inhalts sind allein seit 1919 erschienen, an denen außer den genannten Forschern noch Breddin, Knuth, Richter, Schneiderhöhn und Vogel beteiligt sind. Es würde zu weit führen, wenn ich in meinem Vortrag alle Ergebnisse und Meinungsverschiedenheiten dieser Arbeiten besprechen wollte, und so werde ich mich darauf beschränken, Ihnen über den Stand der Stratigraphie der Siegener Schichten zu berichten.

Die Siegener Schichten reichen weit über das eigentliche Siegerland heraus. Im Norden und Osten werden sie von dem jüngeren Unterdevon des Sauerlandes überlagert, im Süden tauchen sie unter die Unterkoblenzschichten des Dillgebietes unter, nach Westen zu gehen sie bis über den Rhein.

Als Unterlage der Siegener Schichten gelten nach Fuchs die roten Schichten des Gedinnien und die Verse-Schichten, die in der Gegend von Müsen, Littfeld und Silberg durch Denckmann bekannt geworden sind.

Die Verse-Schichten sollen nach Fuchs an die Basis des Devons oder in das oberste Silur gehören. Dieser Deutung möchte ich noch eine abwartende Stellung einnehmen, bis Spezialuntersuchungen in den dortliegenden Gruben eine Bestätigung von dem Alter dieser Schichtenfolge gebracht haben. Nach Breddin und Richter sind die roten Schichten, die von Denckmann als Gedinnien gedeutet wurden, jünger als die Siegener Schichten, ich selbst habe bisher die Ansicht vertreten, daß sie eine rote Facies der Siegener Schichten darstellen.

Die Siegener Schichten sind mehrere Tausend Meter mächtig, doch glaube ich, daß die Schätzung von Breddin auf 12000 m etwas sehr hoch gegriffen ist. Auf Grund ihrer

---

1) Siehe Verzeichnis.

Fauna und der verschiedenen Gesteinszusammensetzung werden sie jetzt in 3 Horizonte geteilt:

3. Herdorfer Schichten
2. Rauhflaser Horizont
1. Tonschiefer Horizont

Während bisher diese Gliederung nur für das südliche Siegerland durchführbar war, so haben die Arbeiten von Schmidt den Beweis gebracht, daß auch im nördlichen Siegerland diese Einteilung Gültigkeit hat. Schmidt identifizierte die in den Erläuterungen zu Bl. Olpe und Bl. Kirchhundem angeführte Gliederung mit der obigen in folgender Weise:

Kredenbacher Schichten = Herdorfer Schichten,
Kreuztaler Rauhflaser Schichten = Rauhflaser Horizont,
Ferndorfer Sphaerosideritschiefer = Tonschiefer Horizont.

Der Tonschiefer Horizont wird von Ton- und Dachschiefern aufgebaut, der durch dünne sandige Lagen mehr oder weniger gebändert ist. Die sandigen Lagen können auch dicker sein, so daß rauhflasrige Tonschiefer gelegentlich vorkommen. Einzelne Grauwackenbänke oder Grauwackenpakete bis mehrere Meter dick sind hin und wieder der Schichtenfolge eingelagert. Häufig kann man bei den Grauwacken eine plattige Absonderung beobachten. Charakteristisch für diesen Horizont ist das häufige Auftreten von Halyseritenschiefern, die sich durch ihre geringe Widerstandsfähigkeit übertage meistens der Beobachtung entziehen. Außer der Abtrennung des Dachschiefer-Horizontes (Wernsberger Schichten von Fuchs oder Hamberg Schichten von Quiring), der die oberste Zone des Tonschiefer-Horizontes bildet, war bisher keine weitere Gliederung mir möglich. Quiring unterscheidet noch die Hengsbachstufe und die Mudersbacher Schichten. Ich halte es jedoch nicht für ausgeschlossen, daß die Mudersbacher Schichten mit dem Dachschiefer an der oberen Grenze des Horizontes (Wernberger Schichten) identisch sind.

Die Fauna dieses Horizontes ist sehr arm. *Rensselaeria crassicosta* tritt an einzelnen Stellen bankbildend auf, außer diesem Fossil wurde nur noch am Hundsberg bei Eiserfeld *Modiola* sp. gefunden. Der Angabe von Quiring, daß Grau-

wackenbänke mit Crinoiden erfüllt in diesem Horizonte auftreten, stehe ich skeptisch gegenüber. Auch die Fauna, die Quiring von den Hengsbach-Schichten des Gillbergs erwähnt, stammt meiner Ansicht nach nicht aus dem Tonschiefer-Horizont, sondern ist eine gemischte Fauna aus diesem und aus dem Rauhflaser-Horizont. Die von ihm angeführte Fauna wurde seinerzeit von Denckmann und mir aus Lesesteinen von den Feldrändern des Gillbergs gesammelt, an dem beide Horizonte auftreten. Auf jeden Fall darf diese Fauna nicht stratigraphisch so ausgewertet werden wie das Quiring tut.

Das Hauptverbreitungsgebiet dieses Horizontes liegt von Eiserfeld an siegabwärts. Besonders gute Aufschlüsse sind in den ausgedehnten Grubenbauen des Eisenzecher Zuges und des Apfelbaumer Zuges.

Der Rauhflaser Horizont unterscheidet sich von dem vorherigen durch das Vorherrschen der rauhflasrigen Tonschiefer. Die Grauwacken sind quarzitischer und gehen häufig in echte Quarzite über. Plattig brechende quarzitische Grauwacken treten als Seltenheit auf und sind ab und zu in den Übergangsschichten zu den Herdorfer Schichten zu finden. Als besonders charakteristisches Gestein, das in den beiden anderen Horizonten fehlt, sind die Crinoidenbänke, die bis mehrere Meter mächtig werden können. Sie stellen ein fremdartiges Gestein in den Siegener Schichten dar. Schon v. Dechen waren die Karbonatbänke aufgefallen, auf seiner Karte, Blatt Siegen, sind sie als m_2, Kalk in m_1, ausgeschieden. Um eigentliche Kalkbänke handelt es sich nicht, der Kalkgehalt ist nur in den Fossilschalen, die in sandig toniges Material eingebettet sind. Das plötzliche Auftreten dieser merkwürdigen Bildung möchte ich mit dem Vorgreifen der böhmischen Facies nach Norden in das flache Unterdevonmeer in Zusammenhang bringen. Dieses Vordringen bringt auch die reiche Fauna, die bisher hier nicht vertreten war. Gleichzeitig wird die *Rensselaeria crassicosta* verdrängt, sie wandert aus, vielleicht nach Nord-Westen, von wo sie bei dem Flacherwerden des Meeres zur Zeit der Herdorfer Schichten zurückwandert. *Spirifer primaevus*, *solitarius* und andere dickschalige Brachi-

poden, treten zum ersten Mal auf. Die reiche Fauna, die in dem oberen Teil dieses Horizontes, gelegentlich zu dicken Fossilbänken zusammengeschwemmt, vorkommt, hat Drevermann als Seifener Schichten beschrieben. Quiring glaubt, daß es sich nicht um einen Horizont handelt und rechnet einen Teil zu der Gensberg-Fauna den anderen zu der Ahefauna. Letztere rechnet er zu den Herdorfer Schichten. Es scheint mir jedoch zweifelhaft zu sein, ob dies richtig ist, da die Trennung der beiden Faunen durch die Grenzquarzite bei Eisern nicht sichergestellt ist. Unter Berücksichtigung der Faltung können die Fundorte am Gensberg und südlich Eisern sehr wohl ein und derselben Stufe angehören. Die Seifner Schichten sind durch das ganze Siegerland bis an den Rhein zu verfolgen.

Vorzügliche Aufschlüsse in diesem Horizont sind die Baue der Gruben Pfannenberger Einigkeit, Storch und Schöneberg, Kulnwald und Wilhelmine.

Als Herdorfer Schichten wurden von Drevermann die versteinerungsreichen Gesteine der Gegend von Herdorf und Neunkirchen bezeichnet, die von ihm für Unterkoblenz gehalten wurden. Denckmann erkannte, daß diese Schichten noch zu dem Siegener Profil gehören. In ihrer typischen Ausbildung kommen sie aber nur südlich des Siegener Hauptsattels vor, östlich und nördlich von Siegen tritt ein Faciswechsel auf, mit dem auch das Aufhören der reichen Fauna zusammenfällt.

Die Herdorfer Schichten bestehen aus mildflasrigen, teils dickschiefrigen Tonschiefern, die teilweise von plattigen und dickbankigen, fein bis grobkörnigen Grauwacken begleitet werden. Auch kommen Grauwackenpakete von 6—10 m vor. Gelegentlich treten auch wenig mächtige rauhflasrige Tonschiefer auf, deren Zugehörigkeit zu diesem Horizont ohne Zusammenhang nicht zu bestimmen ist.

In der Gegend von Herdorf sind in diesem Horizont auch sehr reine Tonschieferzonen vorhanden, die leicht mit den Schichten des Tonschiefer-Horizontes verwechselt werden können. Durch die eingelagerten Versteinerungsbänke konnte

nachgewiesen werden, daß diese Zone zu dem Herdorfer Horizont gehört. In der nördlichen Facies herrschen die mildflasrigen Tonschiefer vor, die Grauwacken treten stark zurück.

Die Fauna ist von der des tieferen Horizontes wesentlich verschieden. *Spirifer primaevus* tritt sehr stark zurück, nur hin und wieder ist er in einzelnen Exemplaren zu finden, die nach Helmbrecht schon nicht mehr dem echten *Primaevus* zuzurechnen sind. Als Leitfossil treten die feinrippigen *Rensselaerien* auf, die früher kurzer Hand als *Rensselaeria strigiceps* bezeichnet wurden. Nach den Untersuchungen von Helmbrecht handelt es sich aber um eine große Anzahl von Arten, die er sogar zu drei verschiedenen Untergattungen stellt. Die Untergattung der *R. simplex*, der *Tuberorensselaerien* und der *Sulcorensselaerien*. Auf diesen Untergattungen baut er seine weitere Gliederung der höheren Siegener Schichten auf.

R. crassicosta kommt verhältnismäßig häufig vor, sie scheint dieselbe Art zu sein wie in dem Tonschiefer-Horizont. Nach Ansicht von Helmbrecht sollen die Crassorensselaerien nicht so hoch hinaufgehen, an Hand der zahlreichen Funde der *R. crassicosta* in den Herdorfer Schichten wird Helmbrecht seine Ansicht revidieren müssen. Die Exemplare, die Helmbrecht von Anzhausen seiner Untersuchung zu Grunde gelegt hatte, stammen auch aus den typischen Herdorfer Schichten. Aus dem Tonschiefer-Horizont scheint ihm kein Material vorgelegen zu haben.

Als weiteres Leitfossil kann *Tropidoleptus carinatus* dienen, der in diesem Horizont zum ersten Mal zu finden ist.

Geschlossene Profile dieses Horizontes sind in den Gruben Pfannenberg (obere Sohlen), Freier Grunder Bergwerksverein, Wolf, San Fernando und Bautenberg zu beobachten.

Ob die von Quiring vorgeschlagene weitere Gliederung der Herdorfer Schichten durchführbar ist, erscheint mir noch zweifelhaft. Die Faunenvergesellschaftung wechselt in den Herdorfer Schichten zu stark und kann im Schichtenprofil auch häufiger wiederkehren. Aus den von Quiring angeführten Faunenlisten scheint eine Unterscheidung der Obersdorfer,

Feuerbacher und Anzhäuser Fauna sehr schwierig zu sein, von einem Teil seiner Habornfauna möchte ich wie Schmidt vermuten, daß es sich um den Rauhflaser Horizont handelt.

Die Herdorfer Schichten begrenzt Quiring mit dem Daadener Sandstein.

Meine Ausführungen haben gezeigt, daß die jetzige Dreigliederung der Siegener Schichten im ganzen Siegerland Gültigkeit hat und durchführbar ist. Die erste Aufgabe ist jetzt, die Verbreitung der drei Horizonte kartographisch festzulegen, um die großen Gesichtspunkte der Tektonik des Siegerlandes zu klären. Die Kleintektonik wird man nur in gut aufgeschlossenen Grubengebieten herausarbeiten können, und zwar durch Kartierung der sämtlichen Sohlen. Es hat viel Zeit erfordert, um die Stratigraphie dieser mächtigen fast eintönigen Schichten, die dabei in stark gestörter Lagerung sich befindet, zu klären, und so wird es Ihnen auch verständlich sein, daß nach 20jähriger Arbeit heute noch keine Spezialkarten dieses Gebietes gedruckt vorliegen.

Literatur über das Siegerland seit 1919.

1919.

1. Wedekind, R. Über die Ausbildung des Oberdevons in der Umrandung des Siegerländer Blockes. Nachrichten der Kgl. Gesellsch. d. Wissensch., Göttingen 1919.

1921.

2. Bornhardt, W. Entgegnung auf Quirings Deutung der Normalgeschiebe. Mitteilung des Vereins Berggeist, 1921, Heft 12.
3./4. Quiring, H. Beiträge zur Geologie des Siegerlandes. I. Ein Faltenbild; II. Wirkungsweise und Entstehung der „Rechts"- und „Linksverwerfer" der Gänge. Jahrbuch der Pr. Geol. Landesanstalt für 1921.
5. Ders. Die geologische Erforschung des Siegerlandes in ihrer geschichtlichen Entwicklung. Mitteilung des Vereins Berggeist 1921, Heft 10.
6. Richter, M. Unter- und Mitteldevon im Oberbergischen zwischen Agger und Sieg. Centralblatt für Min. etc. 1921.
7. Vogel, H. Vergleichende Betrachtungen über das variskische Gebirge am Rhein und in Oberschlesien unter Berücksichtigung

der darin auftretenden nutzbaren Lagerstätten. Zeitschr. des Oberschl. Berg- und Hütt.-Vereins für 1921.

1922.

8. Breddin, H. Über Denckmanns Siegerländer Hauptüberschiebung. Centralbl. für Min. etc. 1922.
9. Ders. u. Richter, M. Exkursionsführer durch das Oberbergische. Bericht über die Versammlung des Niederrh. geol. Vereins.
10. Denckmann, A. Über den Bau und das Nebengestein der Siegerländer Gänge, Glückauf, 1922, Heft 52.
11. Henke, W. Beiträge zur Geologie des Siegerländer Spateisensteinbezirkes. Glückauf 1922, Heft 28.
12. Quiring, H. Die Gangführung der Spateisensteingänge des Siegerlandes in ihrer Beziehung zum Nebengestein. Glückauf 1922, Heft 29.
13. Richter, M. Die Wiehler Mulde im Gebiete der Wiehl zwischen Agger und Bröl im Oberbergischen. Centralbl. für Min. etc. 1922.

1923.

14. Fuchs, A. Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik des Rheinischen Schiefergebirges. Jahrbuch der Pr. geol. Landesanstalt für 1922.
15. Ders. Über die Beziehungen des sauerländischen Faciesgebietes zur belgischen Nord- und Südfacies in ihrer Bedeutung für das Alter der Verseschichten. Jahrbuch der Pr. geol. Landesanstalt für 1921.
16. Heimbrecht, W. und Wedekind, R. Versuch einer biostratigraphischen Gliederung der Siegener Schichten auf Grund von Rensselaerien und Spiriferen. Glückauf 1923, Heft 41.
17. Henke, W. Die geologischen Verhältnisse des Siegerländer Bergbaugebietes unter besonderer Berücksichtigung der Gangausfüllung. Mitteilung des Vereins Berggeist 1923, Heft 10.
18. Knuth, H. Die Terrassen der Sieg von Siegen bis zur Mündung. Beiträge zur Landeskunde der Rheinlande, Bonn 1923.
19. Quiring, H. Beiträge zur Geologie des Siegerlandes, III. Über Leitfaunen in den Siegener Schichten in der Umgebung von Siegen. Jahrbuch der Landesanstalt für 1922.
20. Ders. Die Drehwage als Hilfsmittel bei bergmännischen Aufschlußarbeiten im Siegerlande. Glückauf 1923. Heft 17.
21. Ders. Wissenschaftliche Ergebnisse auf Blatt Betzdorf, Aufnahmebericht. Jahrbuch der Landesanstalt für 1923.
22. Schmidt, W. E. Tiefe Siegener Schichten auf Blatt Wenden Jahrbuch der Landesanstalt für 1923.

23. Schneiderhöhn, H. Vorläufige Mitteilung über pyrometamorphe Paragenesen in den Siegerländer Spateisensteingängen. Zeitsch. für Kristallographie, Bd. 58, 1923.

1924.

24. Denckmann, A. Die Gesteinswechsellinie im tieten Unterdevon des Siegerlandes und ihre Verwerfungen. Festschrift der Stadt Siegen zur 700-Jahrfeier 1924.
25. Quiring, H. Das Gesetz des Einschiebens und der Vertaubung der Spateisenstein- und Eisenglanzgänge des Siegerlandes. Archiv für Lagerstättenforschung, Heft 33, Berlin 1924.
26. Ders. Thermalaufstieg und Gangeinschieben. Zeitschrift für prakt. Geologie, 1924, Heft 12.
27. Ders. Postbasaltische und rezente Schubbewegungen auf Überschiebungsklüften im Rheinischen Schiefergebirge. Zeitsch. der Dtsch. geol. Gesellschaft 1924, Monatsbericht 5/7.
28., 29. Schmidt, W. E. Erläuterungen zu den geologischen Spezialkarten. Bl. Olpe und Bl. Kirchhundem, Berlin 1924.

Die Terrassen am Rande der niederrheinischen Bucht zwischen Sieg und Wupper.

Von

Dr. Maria-Regina Ruland.

Mit 1 Abb. im Text, Taf. V, VI, VII und 2 Tabellen

Inhalt.

Seite

A. Einleitung 396
B. Die randliche Hochfläche des bergischen Landes 399
I. Die Tertiäre Entwicklungsgeschichte 401
II. Tertiäre Schotter 402
III. Die diluviale und alluviale Umgestaltung der 200—250 m Hochfläche 407
C. Die Randstufen 408
I. Die Bruchstufen 408
II. Die älteste diluviale Terrasse 410
1. Die Ausbildung der ältesten diluvialen Terrasse . . 411
2. Die Erhaltung und Verbreitung derselben 411
III. Die Hauptterrasse 415
1. Die Ausbildung der bergischen Randterrasse . . . 415
2. Die Erhaltung der Hauptterrasse in Terrassenresten 418
3. Das Alter der bergischen Randterrasse 424
4. Die Mehrstufigkeit der Hauptterrasse 427
IV. Die Erosions- und Denudationsstufe zwischen Haupt- und Mittelterrasse 433
V. Die obere Mittelterrasse 436
D. Die Rheintalebene 437
I. Die untere Mittelterrasse 438
II. Die Niederterrasse 440
1. Die obere Niederterrasse 441
2. Die untere Niederterrasse 442
E. Löß und Flugsande in der rechtsrheinischen Kölner Bucht . 444

A. Einleitung

Das behandelte Gebiet umfaßt einen Teil des Ostrandes der dreieckigen niederrheinischen Bucht, den zwischen Sieg und Wupper gelegenen Abfall des bergischen Landes zum Rheintal hin. Vom Niederrheingebiet, etwa vom Kölner Dom aus gesehen, erscheint der östliche Rheintalrand als eine höhere Fläche, deren Schattenlinie sanft auf- und abschwillt. Auf einer Wanderung zum Gebirgsabfall hin durchquert man verschiedene, nordsüdlich sich erstreckende, landschaftlich voneinander abweichende schmale Geländestreifen, die wie Stufen einer Treppe zur Hochfläche führen. Zutiefst liegt die tischgleiche nur von flachen langen Rinnen und kolkartigen Vertiefungen unterbrochene, von Äckern, Wiesen und kleinen Waldungen bedeckte Rheinebene. Eine etwa 5 m hohe Stufe, die Niederterrasse, bildet mehr oder weniger deutlich den ersten Übergang zwischen dem Flußgebiet (Rheinwasserspiegel bei Köln 37 m) und dem etwa 200 m hohen Gebirgsland, das selbst wieder stufenförmig ansteigt. Diese erste lehmreiche Stufe der zu ersteigenden Randtreppe liegt bei Höhenhaus in etwa 50 m Höhe und zieht sich nach Mondorf und Wiesdorf hin. Sie liegt als erstaunlich breite Talterrasse vor uns.

Eine meist von Dünen überhöhte zweite Bodenwelle führt über einen schmalen Sumpfgürtel bei Brück und Dellbrück zu einer sand- und kiesreichen 60 m-Stufe, der unteren Mittelterrasse, die größtenteils von Ödland, von Heide und dunklen Kiefernwaldungen bedeckt wird. Dieser vegetationsarme Gürtel trägt im S einen Teil der Wahner Heide, im N den Königsforst, den Frankenwald, die Wiesdorfer Heide, den Burriger Busch. Von Köln aus führt der Weg durch die Iddelsfelder Hardt oder die Brücker Hardt nach O.

Ein neuer Anstieg, der Außenrand der unteren Mittelterrasse, der sich von Siebenmorgen nach Handstraße zieht, erreicht das an Kieferwald, Heide und Sümpfen reiche, nach O zu von 70 auf 100 m ansteigende Refrather Gebiet, das jenseits der jüngeren Rheinablagerungen liegt. Weiter südlich ist der Anstieg der dritten Fläche bedeutend steiler, so zum

großen Steinberg und zum Aggertal hin, in der Wahner Heide sanfter, im N meist flach, somit sehr abwechslungsreich. Die Grenze der jüngeren diluvialen Ablagerungen verläuft im S etwa über Troisdorf, Spich und folgt der 80 m-Linie der Wahner Heide westlich Kalmusweiher, am Fuß des großen Steinbergs entlang, westlich Siebenmorgen, Handstraße, Klutstein, Seelscheid, Stüttekoven, östlich Quettingen nach Rulach an der Wupper. In dem Randstreifen östlich dieser Linie ist die Zertalung stärker als im unteren Stufengebiet, so daß z. T. tafelbergähnliche Erhöhungen auftreten.

Der Ödlandstreifen wird durch eine vierte, kiesbedeckte Fläche, die Hauptterrasse oder bergische Randterrasse, abgelöst. Die östliche Begrenzung der dritten Stufe und damit des tiefern Rheintals reicht von Kaldauen bis westlich Lohmar. Dort springen die bis 130 m hohen, bewaldeten Vorhöhen des östlich gelegenen alten Gebirges, nach der Agger zu steil abfallend, ins Rheintal vor. Die inneren Randhöhen ziehen dann im Bogen um den eintönigen, von Sand und Ton bedeckten Wahner Ausraum über Hasbach, Steinknippen, wo sie etwa 130 m Höhe erreichen, zum großen Weilberg (130 m), dem zweiten starken Vorsprung der randlichen Vorhöhen nach W, biegen sodann im starken Bogen nach O ein und ziehen sich die tiefere Randtreppe verbreiternd, über Bensberg (etwa 125 m) nach Bergisch-Gladbach, im Bogen um Paffrath, um bei Biese auszusetzen. Jenseits der Dhün verläuft der östliche Rand von der dritten zur vierten Stufe weniger auffallend, da sich einzelne Riedel sehr flach ansteigend nach O erheben bei Uppersberg (120 m), Höfen, Fette Henne (120 m) östlich Bergisch-Neukirchen und im Wenzeln- und Spürkelberg (113 m Höhe).

Über der bergischen Randterrasse erheben sich ostwärts die bergischen Randhöhen. Den Hügelrand krönt des bergischen Landes Glanzpunkt, Schloß Bensberg (180 m). Dahinter steigt eine Reihe von SW nach NO gerichteter Bergrücken auf, die in flachen Wellen zur 200 m-Linie aufragen, im S steiler, nach N zu, jenseits der Dhün flacher. Dort scheinen sie sich, von der vierten Fläche aus betrachtet, zu immer höheren Stufen

zusammenzuschließen. Bei näherer Betrachtung lösen sie sich in eine Reihe verschiedenartiger Hügel und Rücken auf. Jenseits der Linie Seligental, Donrath, Rösrath, Vierkotten, Forsbach, ö. Bensberg und Bergisch-Gladbach, Odental, Dürscheid, Roderhof, Kohlsberg breitet sich die Hochfläche in 200 bis 250 m Höhe aus.

Stufenförmig wird in kürzerem oder längerem Anstieg der Höhenunterschied zwischen dem Talgebiet des Rheins und dem höheren Gebirgsland, dessen randliche Höhenpunkte der sagenumwobene Lüderich mit den Bensberger Höhen sowie die Erhebungen an der Wupper und der Sieg bilden, überwunden.

Dieser sowohl von O nach W als auch von S nach N in Staffeln abgesunkene und durch die Erosions- und Akkumulationstätigkeit des Rheins umgeformte Westabfall des bergischen Landes zur Kölner Bucht hin bildet einen von tertiären, diluvialen und alluvialen Bildungen verdeckten bis zu 57 m unter NN angefüllten Graben. Morphologisch gliedert sich das Gebiet also in:

1. die 200—250 m hohe randliche Hochfläche des bergischen Landes,
2. die Randstufen, die teils Bruchstufen, teils Schotterterrassen und teils durch Erosion und Denudation gebildete Ausräume darstellen,
3. die von der unteren Mittelterrasse und den Niederterrassen gebildete Rheintalebene.

Die geo-morphologische Ausbildung der in etwa Nord- bis Südrichtung verlaufenden eigenartigen Geländestreifen, die stufenförmig als Randstaffeln von der Rheintalebene zur randlichen Hochfläche des bergischen Landes aufsteigen, sei im Folgenden zusammengefaßt dargestellt[1]).

---

[1]) Die ältere Entwicklungsgeschichte des Gebiets einschließlich der tertiären, die Einzelbeobachtungen der diluvialen Talgeschichte, sowie die geschichtlichen Rückblicke bezüglich des Terrassenstudiums mußten aus Raummangel fortfallen.

B. Die randliche Hochfläche des bergischen Landes.

Wir bezeichnen die sich häufig zu einer Linie zusammenschließenden Ebenheiten des höheren Rheinischen Schiefergebirges als Rumpfflächen, an deren höchste Schwelle, nämlich das Sauerland mit über 800 m Höhe, sich nach S das Ederkopfgebiet und nach W das Ebbegebirge anschließen, die mit ihrer Höhe von etwa 600 m die umliegenden 4—500 m hohen Gebiete überragen. Die Herausbebung dieser verschiedenen Rumpfflächen, die je nach ihrer grösseren oder geringeren Gesteinswiderständigkeit morphologisch gut ausgeprägte Härtlings- und Weichzonen aufweisen, harrt noch der Erkärung. Vielleicht kann ein eingehendes Studium der tertiären Verwitterungsrinde zur Beantwortung der Frage nach der Entstehung und dem Alter der Rumpffläche beitragen. Im Oberbergischen hat Richter (1922 S. 44) die Beobachtung gemacht, daß sich eine seiner Auffassung nach alttertiäre Landoberfläche langsam von 600 auf 400 m und dann schneller auf 300 m herunterbiegt, in größerer Ausdehnung auf 250—300 m verbleibt und dann sich an der unteren Wiehl auf die 200 m-Linie abbiegt, so daß nach ihm das südliche Oberbergische eine halbkreisförmige Bucht inmitten höherer Flächen darstellt. Verwitterungsreste der alttertiären Landoberfläche finden sich dort bis zur 200 m-Hochfläche der unteren Agger und Bröhl sowie des Rheines, so daß Richter den 200—300 m-Abfall als eingebogenes Stück der alten Landoberfläche ansah. Da aber eine stärkere Erosionsphase z. Zt. der Entstehung der vulkanischen Bildungen und nach deren Auflagerung stattfand und tertiäre Schotter dem bergischen Randgebiet bis zu 240 m Höhe aufliegen, könnte die Verwitterungsrinde, soweit sie höher als 250 m liegt, also dort, wo sie nicht auf einer abgesunkenen Staffel unter jüngeren Auflagerungen erhalten blieb, jüngerer Entstehung sein. Zum Rheintalgraben hin ist die alttertiäre Landoberfläche mit ihrer Verwitterungsdecke in Gräben oder Kalktrichtern auf der randlichen Hochfläche erhalten, da sie dort durch die auflagernden oberoligozänen Meeressande vor Abtragung geschützt wurde. Hier lassen sich tektonische

Störungen und Verbiegungen für die Heraushebung der höheren Stufen genau nachweisen, während dies im O bisher nicht gelang, wennschon der Anstieg der tertiären Verwitterungsdecke nach O hier für eine starke Verbiegung zu sprechen scheint.

Die 350—360 m-Flächen werden von Knuth (1922, S. 13, 22 ff.), soweit sie am unteren Lauf der Sieg liegen, als rheinische Trogfläche bezeichnet, z. B. die an der Nister. In den Rheintrog hat sich der Siegtrog z. B. am Nutscheid in 230—240 m Höhe eingeschnitten, der nach Knuth pliozänes Alter haben könnte.

In unserem Gebiet liegt auf diesem Rheintrog die Bergstadt Remscheid. Sein Rand gegen die 4—500 m-Hochflächen ist verwischt. Morphologisch schließen sich die schon tief zerteilten Flächenstücke an die rheinischen Hochböden Mordziols an. Der Rheintrog muß älter sein als der Siegtrog, der am Unterlauf der Sieg noch etwa 50 m in jenen eingeschnitten ist.

Der von Knuth (1922) vermuteten rheinischen Trogfläche ist eine rund 250—200 m hohe jetzt zerschnittene aber ehemals zusammenhängende Verebnung rheinwärts vorgelagert. Wer etwa von Glöbusch s. Schlebusch nach Burscheid oder von Bensberg nach O. wandert, steigt langsam auf dieser Randfläche an, die als Härtling den Lüderich (258 m) und die 250—230 m-Höhen des Gebietes sowie den Rücken des Remscheider Sattels bei Witzhelden, als Eintiefung die Gladbacher Kalkmulde und die Schiefergebiete aufweist. Die Silhouette der Höhen wird sowohl durch die Tektonik als auch durch die Gesteinsverschiedenheit bedingt.

Die die randlichen Hochflächen nach O. abtrennende 250 m-Linie wird sw. Burg erreicht. Sie beschreibt in dem Schiefergebiet einem östlich gerichteten Bogen auf Blatt Burscheid, tritt dann bei Bechen in einem nur schwach markierten Sandsteinzug näher an das Rheingebiet und umzieht Immekeppel und Hohkeppel östlich und Overath südwestlich.

I. Tertiäre Entwicklungsgeschichte.

Die 200—250 m-Hochfläche zieht sich über die devonischen Schichten des Remscheid-Altenaer Sattels, der Gladbacher Kalkmulde, des Lindlarer Muldensystems und des Overather Sattels hin und trägt Reste der durch die oberoligozäne Meeressanddecke geschützten präoberoligozänen Landoberfläche mit ihrer gebleichten und zersetzten Verwitterungsrinde.

Mit Sicherheit ist die Kölner Bucht östlich der Ville erst in der Tertiärzeit in den Bereich der Einbiegungszone gezogen worden. Eozäne und oligozäne Ablagerungen zeigen am bergischen Rand den Beginn der neuen Bewegungsphase an. Die Einmuldungszone wurde in der Tertiärzeit durch ein System von verwickelten Verwerfungen zu Staffelschollen und Gräben, die wieder in sekundäre Horste und Gräben zerstückelt werden, aufgelöst (vgl. Fliegel 1922). Am Westabfall des bergischen Landes gibt die präoberoligozäne Landoberfläche die besten Anhaltspunkte für die postoligozäne Zerstücklung und Verbiegung (vgl. die beigefügten Profile), die vermutlich schon während der mit Eruptionen verbundenen tektonischen Phase an der Grenze der Oligozän- zur Miozänzeit stattfand und sich in jungtertiären und altdiluvialen Störungen und Verbiegungen fortgesetzte. Die zerstückelte alttertiäre Landoberfläche ist auf den randlichen Hochflächenstücken an verschiedenen Stellen unter oberoligozänem Meeressand freigelegt worden und zwar von der Gladbacher Kalkmulde (200 m) an nach N. bis Witzhelden (235 m). Eine tertiäre Verwitterungsdecke mit zu hellen Tonen umgewandeltem Grundgebirgsgestein steht im südlichen Gebiet ohne Deckschicht bei Weiler-Hohn (Bl. Overath) und Mailahn (Bl. Wahlscheid) in 180—200 m Höhe an. In dem der Kölner Bucht näher gelegenen Randstreifen findet sich der Bleichboden teils unter eozänen oder oligozänen Schichten, und teils ohne Deckschicht.

Vermutlich eozäne Einschwemmungen von Ton, Braunkohle und Quarzkiesen fanden in den Vertiefungen der alttertiären Landoberfläche vor allem in den Kalkdolinen statt,

so bei der Zinkhütte (Bensberg) und der Flora (Bergisch Gladbach).

Die mittel- bis oberoligozäne tektonische Phase führte in einer breiten Einbiegungszone zu einer über den heutigen Buchtrand ostwärts und bis s. Köln reichenden Meerestransgression sowie zur Ausbildung eines Flußsystems (Vallendarer Schotter) mit weißen groben Quarzkiesen, die bei der Flora unter dem Meeressand liegen, und zu Deltaeinschwemmungen von Quarzkiesen und -sanden mit hellen Feuersteinen und lichtgrauen Kieselgesteinen in die marinen oberoligozänen Bildungen bei Bergisch Gladbach.

Nach einer mit Vulkanausbrüchen im Siebengebirge wahrscheinlich an der Grenze der Oligozän- zur Miozänzeit verbundenen Störungsphase wurde das miozäne Becken von Seen und Zuflüssen mit Ton, Quarzsand und Quarzkies, in dem Tufflagen, Basaltgeröll, dunkle und helle Feuersteine und lichtgraues Kieselgestein sich finden, sowie von Braunkohle aufgefüllt (Kohleberg bei Spich und Siegburg).

Die Ausbildung einer erneuten Verwitterungsdecke des Rheinischen Schiefergebirges in einer mittel- bis obermiozänen Ruhephase, in der es lokal zu einer Verkieselung der vorpliozänen Tertiärbildungen kam, wurde durch die pliozänen tektonischen Störungen unterbrochen.

II. Tertiäre Schotter.

Knuth (1922 S. 13) stellt die Frage, ob die 200—250 m-Hochfläche ein abgesunkenes Stück der alt- bis mitteltertiären Trogfläche oder die tiefere Staffel der Hochböden Mordziols also einen jungtertiären, etwa pliozänen Talboden darstelle. Hierzu können die geringen tertiären Schotter einigen Aufschluß geben, obwohl es schwierig ist, die ziemlich eintönigen Schotter, die arm an Gesteinsarten sind, zeitlich einzuordnen.

Für die Eozänstufe kann am bergischen Rand das Fehlen von Feuersteinen in den weißgrauen Quarzkiesen als charakteristisches Merkmal angesehen werden; die vermutlich mittel- bis oberoligozänen Quarzkiese zeigen schon das lichtgraue sog. Vallendarer Leitgestein (vgl. Fliegel 1922). Im Oberoligozän treten zahlreiche

helle und löcherig verwitterte Feuersteine auf, bis nun mit dem Einsetzen der vulkanischen Phase vermutlich zu Beginn der Miozänzeit zu den immer noch vorwiegend aus gebleichtem und zersetztem Grundgebirg stammenden Füllmassen der Kölner Bucht vereinzelt vulkanische Gesteine wie Basalte und Tuffe beigemengt werden. Die einzelnen Bildungen treten aber in der Bucht nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lagerung auf, sondern sind durch tektonische Störungen in den Rheintalgraben versenkt, wo sie durch die Erosion des diluvialen Rheins und durch Abtragung z. T. wieder freigelegt wurden (s. unten).

Die eozänen feuersteinlosen Ablagerungen am Buchtrand sind (neben Ton und unreiner Braunkohle) aus teils eckigen, teils gerundeten Quarzkiesen und -Sanden zusammengesetzt und füllen in unregelmäßiger Lagerung meist die Auslaugungstrichter der Kalkgebiete. Darüber hinaus sind sie im Süden östlich Siegburg auf einem schmalen Randstreifen in 110 m Höhe erhalten. Beim Bahnhof Forsbach unterlagern sie in etwa 130 m die Hauptterrasse. Im Bereich der Gladbacher Kalkmulde liegen bei Kaule = Refrath bis 6 m mächtige, eozäne Ablagerungen. Ein Teil derselben ist zu Quarziten und Conglomeraten verkieselt. Beim Aufschlagen entdeckt man darin ein schwarzes, verkieseltes Gestein, dessen Herkunft noch unbekannt ist. Von der unteren Sieg an mischt es sich den ältesten tertiären Quarzschottern bei. Anscheinend handelt es sich um eine verkieselte Grauwacke aus dem Paläozoikum. Dasselbe dunkle Gestein ist in sehr grober, auffallender Ausbildung, fast kindskopfgroß, den verschiedenen Dolinen der Kalkhochfläche in 200 m Höhe bei Dürscheid-Spitze beigemengt. In der dortigen Kiesgrube von Müller sind unter einer Lößdecke etwa 2—3 m Quarzkiese und -Sande, in derjenigen von Buchholz ca. 5 m und in der besten von König ca. 6 m aufgeschlossen. Der Kies ist in horizontaler Wechsellagerung mit Sanden, z. T. in eingesackter Lagerung auf grauem, weißem oder gelben Ton, der dem devonischen Grundgebirge aufliegt, angereichert. Meist ist eine Sonderung nach der Korngröße erfolgt. Die bis 10 cm großen Quarze sind z. T. vorzüglich gerollt, also weither transportiert. Nach Norden zu sind Ablagerungen dieser Art nicht angetroffen worden, mit Ausnahme der Zersetzungsrinde bei Flamerscheid usw. (Siehe Karte.)

Den eozänen Ablagerungen innerhalb der Kalkmulde ist die unregelmäßige Größe von ganz kleinen bis großen Exemplaren, das bunte Durcheinander von Ton, Sand, Braunkohle und Kies, die auskeilende, oft aufgerichtete Lagerung, sowie das Auftreten des dunklen Gesteins gemeinsam.

Die eozänen Bildungen überlagert in den Gruben der Flora bei Bergisch-Gladbach in 110—114 m Höhe eine bis 4 m mächtige Schicht feuersteinloser, meist gut gerollter, grober Quarzschotter. Dunkle Gesteine, wie sie der eozänen Stufe angehören, fand ich bisher nicht darin, wohl aber das „lichtgraue Leitgestein" der Vallendarer Stufe Mordziols. Die groben Schotter zeigen wohl den Beginn der oligozänen tektonischen Phase in der Mitteloligozänzeit an.

Die oberoligozänen Flußeinschwemmungen innerhalb der Meeressande von Bergisch-Gladbach und Leichlingen weisen schmale, centimetermächtige Bänder feuersteinreicher, quarziger Kleinkiese und Sande auf, in denen das „lichtgraue Leitgestein" gleichfalls vertreten ist.

Die meist grauen oder weiß gebleichten Feuersteine sind z. T. löcherig verwittert und erscheinen dadurch als nicht gut gerollt. Der Verwitterungsvorgang kann aber die Zersetzung der Feuersteine nach deren Ablagerung bewirkt haben. Fraglich ist noch deren Herkunft; da sie in den eozänen Bildungen fehlen, können sie nicht vom Bergischen Lande herabgeschwemmt sein. Sie wurden vermutlich mit den von Süden und Süd-West kommenden Flüssen hierher transportiert.

Die Kiese und Sande im Westteil des Siegburger Ausraums und der Wahner Heide weisen neben Feuersteinen vulkanische Gesteine, Basalte und Tuffe auf. Sie gehören somit der postvulkanischen Phase, vermutlich der Miozänzeit an.

Diesen Bildungen ähnelt ein Schottervorkommen auf dem Remscheider Sattel bei Witzhelden. In dem 5 m tiefen Aufschluß bei Flamerscheid in 235—240 m Höhe ist tertiärer Sand und Kies in deutlicher wechselnder Schlichtung auf oligozänem Meeressand erschlossen, zu unterst feine und gröbere Sande in 1 m Mächtigkeit, sodann bis zu 3 m feinere und gröbere Quarzkiese, die teilweise gut gerollt sind und in denen sich das dunkle verkieselte Gestein, Basalte und zahlreiche verwitterte gelöcherte Feuersteine von meist weißer bis hellgrauer Farbe und kaolinisierte Gerölle, die vielleicht der präoberoligozänen Landoberfläche entstammen, vorfinden. Streifen verschwemmten Meeressandes sind zahlreich. Zuoberst liegen etwa 2 m lehmige Bildungen von gelbbrauner Farbe. Die liegenden oligozänen Sande sind in einer südlicher liegenden Kiesgrube erschlossen. Toneisensteinbänke und Tertiärquarzite sind zahlreich vorhanden.

Auffallend ist die Zusammensetzung der Schotter aus Quarzkiesen und vulkanischem Geröll, das hier als Kriterium für die zeitliche Einordnung gewertet werden kann. Mit den Schottern des Altenforstes in 90—133 m Höhe bei Troisdorf, die Fliegel (1912) als Randfacies der Kieseloolithstufe ansah, haben die bergischen Schotter diese eigentümliche Mischung gemeinsam; doch kommen in den letzteren noch dunkle Feuersteine und die Leitgesteine dieser Stufe vor. Typische Kieseloolithe sind aber auf der bergischen Hochfläche zwischen Sieg und Wupper anscheinend nicht vorhanden. Es können daher die Kiesreste auf der randlichen Hochfläche nicht ohne weiteres mit den Kiesen der Wahner Heide parallelisiert werden, vielmehr bleibt nur die Annahme, daß sie der postbasaltischen, vermutlich der prädiluvialen Erosionsphase des rheinischen Schiefergebirges angehören. Die Zusammensetzung der Schotter, die Verwitterung der harten quarzitischen Lokalgesteine, die Lage zu den altdiluvialen Stufen der Nebenbäche und die reinen Quarzsande sprechen gegen eine Einbeziehung zur Hauptterasse. Die Terrassenkiese sind aber größer als die tertiären Ausfüllmassen des Buchtinneren, aber auch die Schotter der Randhöhen der Wahner Heide sind größer als die letzteren. Über die Größe der Kieseloolithschotter im Rheinengtal gibt Jungbluth (1917 S. 21 f.) an, daß die Quarze mittlere Größe haben und faustdicke fremde Gerölle nebst Basalten und anderem vulkanischem Gestein enthalten. Die Kieseloolithstufe liegt bei Remagen in 230—240 m Höhe, bei Duisdorf in 125—145 m, die Randfacies derselben bei Troisdorf in 90—133 m. Bei Ölgarten, am Nordabhang des Siebengebirges, wurden in 145 m Höhe in einer neuerdings vertieften Kiesgrube unter der Hauptterrasse typische unterpliozäne splitterige Sande und Kleinkiese angetroffen, wie sie im Buchtinnern vorkommen und wie sie seltener die Wahn- bis Troisdorfer Randhöhen zeigen. Hieraus ist das Absinken der Kieseloolithstufe und die Überkreuzung der Terrassen zu ersehen. Jungbluth (1917 S. 23) erwähnt außer den Kieseloolithschottern weiße Quarzschotter des unteren Ahrtals, die Basalte, Quarzite und Grauwacken enthalten und nach seiner Ansicht vorpliozänen Alters sind. Knuth (1922 S. 38 f.) fand in 256 m auf dem Steimelberg an der Sieg in weißen und grauen Quarzen und Quarziten kindskopfgroße Basaltgerölle; er hält diese Schotter für miozäne. Die Beschreibung der obigen Funde trifft genau für die Schotter von Flamerscheid zu. Die Höhenlage der Schotter von Flamerscheid (235 m) (30 m über der Hauptterrasse) und auf dem Steimelberg (258 m) läßt auch auf ein höheres Alter als das der Kieseloolithstufe bei Remagen (230—240) (50 m über der Hauptterrasse)

schließen. Stickels (1922) miopliozäne Abtragungsflächen am Eifelrand liegen in 400, 360 und 340—300 m Höhe; eine jungpliozäne Terrasse am Ausgang des Erfttals liegt in etwa 260 m.

Es scheint somit, daß die Kieseloolithstufe am bergischen Rand in ihrer typischen Ausbildung nicht vorhanden ist. Die Randhöhen von Troisdorf tragen allein Oolithe enthaltende tertiäre Gerölle. Erst nördlich der Düssel treten zahlreiche Kieseloolithe in den höher gelegenen Stufen auf.

Die hoch gelegenen bergischen Schotter sind vermutlich etwas älter als die eigentliche Kieseloolithstufe oder eine Randfazies derselben. Da aber Anhaltspunkte für eine genauere zeitliche Einordnung fehlen, so empfiehlt es sich, sie vorläufig als jungtertiäre Schotter anzusehen.

Am Nordende des Dorfes Orth ist in 220 m Höhe ein ähnliches Flußmaterial wie bei Flamerscheid zu beobachten. Auch hier überwiegt das weiße quarzige Geröll (90%), zu denen sich Feuersteine, das dunkle Kieselgestein, Basalte, Lydite, sowie einzelne zersetzte, kaum gerollte Devonbrocken gesellen. Es ist zweifelhaft, letztere als Gehängeschuttbildungen infolge ihrer Lagerung am Hang der 250 m-Höhe aufzufassen. Kieseloolithe sind nicht gefunden worden. Dieses Schottervorkommen, das 15 m tiefer liegt als das Flamerscheider, läßt durch die Beimengung der Devonbrocken Zweifel an dem tertiären Alter dieser Schotter aufkommen. Sie erinnern an die „Höhenschotter" der Essener Gegend (Steinmann 1925 S. 32), die den Beginn des Altdiluviums anzuzeigen scheinen[1]).

Es taucht noch die Frage auf, ob es sich bei den Kiesresten auf der bergischen 200—230 m-Hochfläche um einen rheinischen Talboden handelt. Dafür spricht die eigentümliche Mischung und Lagerung der Gerölle. Die hellen, gebleichten Feuersteine, die im N dazu kommen, sind wohl aus damals vorhandenen oligozänen und miozänen Ablagerungen umgelagert worden, die 15 m tieferen Orth-Schotter scheinen eine jüngere Stufe darzustellen.

---

1) Auf der Karte konnte die Grenze der beiden Schotter in 235 und 220 m unter der Lehmdecke nicht festgestellt werden.

Diese hellen und nur zufällig noch erhaltenen Kiese und Sande, die den Charakter einer Flußablagerung zeigen, ermöglichen in etwa die zeitliche Bestimmung der Entstehung der 200—250 m-Hochfläche. Ein jungtertiärer Flußlauf wird hier an der Bildung der tiefern Staffel des rheinischen Trogbodens beteiligt gewesen sein. Für den Süden der randlichen Hochfläche kann dies nicht mit Sicherheit behauptet werden, da Ablagerungen nicht mehr vorhanden sind. Die Gerölle im nördlichen Teil sprechen aber für eine Herkunft des Flußlaufs aus dem Süden. Eine zweite jungtertiäre bis altdiluviale Stufe ist angedeutet. Nach Wunstorf (1923) liegt bei Heiligenhaus (184 m) und nach einer Mitteilung Breddins auf Wilhelmshöhe auf Bl. Mettmann (185 m) eine gebleichte Schotterablagerung, die vielleicht die Fortsetzung der zweiten Stufe ergeben kann.

III. Die diluviale und alluviale Umgestaltung der 200—250 m Hochfläche.

Die randliche ehemals zusammenhängende Hochfläche ist in meist der Streichrichtung des Grundgebirges folgende Riedel, Rücken und Höhen aufgelöst, die eine verschiedene morphologische Gestaltung haben. Im S etwa bis Overath herrschen rundliche sanfte Formen der Schieferlandschaft von Wahlscheid mit breiten nach oben zu fliehenden Talgehängen vor. Am Anstieg und an einzelnen randnahen Wellen tritt Sandbedeckung auf. Dort wiegt Kiefernwald und Heide vor. Die entfernteren Höhen sind lößbedeckt. Der Löß greift weiter nach O über als die Sande. Nach N zu breitet sich zwischen den Schiefern die etwas schroffere ausgeprägtere Arkosen- und Quarzitlandschaft des Lüderichgebiets aus, die zur Kölner Bucht hin durch diluviale Flugsande verhüllt wird. Es scheint, daß auch hier das Härtlingsgebiet eine tektonisch bedingte Höhenlage erhielt. Die die bergische Randlandschaft überragenden Höhen bilden den Südrand der tiefer gelegenen ausgelaugten Gladbacher Kalkmulde. Diese zeigt Karsterscheinungen, die jedoch nur am Westrand von der dortigen Randstufe aus betrachtet, charakteristische Formen aufweist. Innerhalb der Hochfläche erscheint sie aber als lößverhüllte Eintiefung, in der neben der geringen Höhe die steilwandigen z. T. trockenen Täler auffallen. Auf der tieferen Hochfläche ist noch ein deutlicher Zusammenhang der Gesteinsausbildung und Lagerung mit den Groß-

formen der Landschaft zu ersehen. Nur in dem Gelände der randlichen Hochfläche, das im allgemeinen petrographisch weniger wechselt, ist die Beziehung zwischen der Oberflächenform und den sandigtonigen Bildungen des Devon nicht so scharf ausgebildet. Das Relief wird vor allem durch die wechselnden Erosionsformen bestimmt. Immerhin sind in dem südlich an die Kalkmulde bis zur Dhün reichenden Gebietsteil die flachen Wellen der Schieferlandschaft durch höhere, in der Streichrichtung verlaufende Sandsteinzüge bei Bechen unterbrochen.

Im N der Dhün folgt auf ein niedriges mit Löß und Lehm bedecktes Schiefertongebiet bei Burscheid eine erneute Erhebung zur gering aufgelösten und vielleicht tektonisch herausgehobenen Härtlingszone des Remscheider Sattels.

Die randliche Hochfläche ist mit einer beträchtlichen Löß- und Lößlehmschicht überzogen, die den sanftwelligen Charakter der abgeböschten Hochflächenstücke noch erhöht. Nach W zum Rheintal hin stellt sich von 220 m an vereinzelt Sand ein, der oft unregelmäßig verteilt ist. Doch umschließt er vielfach die gelben beackerten Höhen nach den Tälern zu. Auch tritt er in dem auf die Gladbacher Kalklandschaft im S folgenden Teilgebiet am Anstieg und an den Randstreifen der Kölner Bucht auf, während er in der Löß-Lehmlandschaft von Burscheid vielleicht wegen der größeren Entfernung vom jungdiluvialen Rheintal fehlt.

Die kleineren Zuflüsse des Rheins erreichen mehr oder weniger schnell nach rückwärts erodierend die Hochfläche, auf der sie in breiten flachen Quellmulden entspringen.

Unter den größeren folgen Wupper und Sülz mit windungsreichem Lauf vermutlich tektonischen Störungen, die sie von der O-W-Richtung abdrängen.

C. Die Randstufen.

Von den alten zernagten und tektonisch gestörten Talbodenresten von 200—250 m Höhe führen die Bruch- und Denudationsstufen sowie Terrassen der bergischen Randtreppe zum Rheintal hin.

I. Die Bruchstufen.

Der erste Stufenabsatz zu dem tertiären Rheingraben und den diluvialen Terrassenresten ist vielfach scharf ausgeprägt, besonders im S, wo die 200 m-Höhen bis an die bergische Randterrasse grenzen. Er entspricht dem Innenrand

der bei etwa 200 m-Höhe beginnenden randlichen Hochfläche. Dieser Anstieg der Hauptterrasse zur bergischen Hochfläche ist tektonisch angelegt, aber durch Erosion umgestaltet worden. Eine Reihe von SSO nach NNW ziehender vielfach paralleler jüngerer Störungen versenken relativ die Staffeln und Teilschollen des Rheingrabens. Sie nähern sich in der Gladbacher Kalkmulde, so daß hier die Breite und Zahl der Zwischenstaffeln von der bergischen Hochfläche zum Rheingraben gering wird.

Der Rhein hat in den tertiaren Schuttmassen der Kölner Bucht, die zumeist von der abgetragenen präoberoligozänen und miozänen Landoberfläche des zersetzten Grundgebirges stammen und in den zum größten Teil durch ältere tertiäre Störungen entstandenen Rheingraben befördert wurden, einen diluvialen Ausraum und diluviale Aufschüttungsflächen ausgebildet. Die heutige Bucht ist erst nach Ablagerung des Tertiärs entstanden, da der Rhein in dem weichen Tertiärschutt eine gewaltige Seitenerosion entfalten konnte und sodann riesige Kiesterrassen aufhäufte.

Die tertiären und diluvialen Stufen nehmen nach W an Mächtigkeit dergestalt zu, daß das devonische Grundgebirge im Untergrund der Stadt Köln-Mülheim in 57 m unter NN also ca 250 m tiefer als auf der randlichen Hochfläche angetroffen wird, während es an den Staffeln am Ostrand der Kölner Bucht innerhalb des Tertiärgebiets mitunter von der Niederterrasse an in Taleinschnitten oder an Terrassenabsätzen ansteht, so in ca. 60 m bei Reuschenberg an der Wupper. (vgl. die Profile und die Karte.)

Unter allen Stufenabsätzen überwiegt in seiner morphologischen Gestaltung der Anstieg von der Hauptterrasse zur bergischen randlichen Hochfläche, wenn er auch durch Erosion und Denudation je nach dem Härtegrad des Gesteins nachträglich abgeflacht und zurückgelegt wurde, sowie von Löß, Lehm oder Sandmassen ausgekleidet ist. Er tritt immer noch als scharfer Geländeabsatz hervor.

Da östlich dieses Randhanges alttertiäre Bildungen unter jüngeren nur vereinzelt vorhanden sind, nach W zu aber in

immer größerer Mächtigkeit auf tieferen Stufen lagern, so darf man wohl schließen, daß an den Randstörungen der niederrheinischen Bucht schon in der Tertiärzeit Verwürfe eingetreten sind. An diesen haben dann z. T. noch zu Beginn der Diluvialzeit Störungen stattgefunden. Der morphologische Steilrand an der Verwerfung Seligental, Kohlscheid (vgl. Karte) ist durch Erosion des Rheines der bergischen Randterrasse und der bergischen Zuflüße wie durch Abtragung an einzelnen Stellen in geringem Ausmaß seitwärts verlegt und dadurch z. T. aus einem Bruchrand in einen Erosionsrand umgestaltet worden. Beide Vorgänge fanden in der Hauptsache z. Z. der altdiluvialen Hauptterrasse statt.

Der Bruchrand bildet morphologisch eine scharfe östliche Umrahmung der Kölner Bucht und fällt, wie erwähnt z. T. mit dem Außenrand der bergischen Randterrasse zusammen, die der Hauptterrasse des Rheines in andern Gegenden entsprechen dürfte. Vereinzelt sind mehrfache Störungen östlich der Terrasse beim Anstieg des Grundgebirges vorhanden, die die Zwischenstaffeln im Grundgebirge ohne Schotter oder Tertiärbedeckung nördlich und südlich der Gladbacher Mulde von der Dhün zur Wupper hin, und sodann Staffelschollen mit oligozäner Decke und geringer altdiluvialer Schotterbestreuung vor allem am Remscheider Sattel stehen ließen. Die vor- und altdiluvialen Störungen scheinen sich im S bis zur Dhün hin auf den oben beschriebenen Bruchrand und einen sehr schmalen vorgelagerten Geländestreifen zu beschränken, während sie nach N auseinander streben und die Zwischenstaffeln an Breite zunehmen. Der Flamerscheider Talboden (240 m) ist nun nicht etwa eine hohe Staffel der diluvialen bergischen Randterrasse, sondern eine ältere tertiäre Stufe, da er in der Ausbildung seiner Schotter von dieser Terrasse durchaus abweicht und sein Verhalten zu der Hauptterrasse der Zuflüsse einer Gleichstellung mit dieser widerspricht.

II. Die älteste diluviale Terrasse.

Über die Entwicklungsgeschichte des diluvialen Rheintals gibt die Taltreppe Aufschluss. In der niederrheinischen

Bucht wurde von Fliegel, Krause, Quaas, Kurtz, Steeger eine älteste diluviale Stufe ausgeschieden, die vielleicht der von Jungbluth (1916) aufgestellten Oberterrasse entspricht.

1. Die Ausbildung der ältesten diluvialen Stufe.

Im bergischen Land wird eine Trennung in verschiedene altdiluviale Stufen durch das Fehlen von charakteristischen Leitgesteinen, einer durchlaufenden Terrasse, von Ton- und Feinsandhorizonten oder einer Erosionsdiskordanz mit starker Blockanhäufung, wie sie im Vorgebirge auftritt, sehr erschwert. Auf einzelne feinere Unterschiede innerhalb der älteren diluvialen Absätze wird weiter unten eingegangen.

Die Terrasse weist einen Mischcharakter auf, sie enthält noch viel helles Quarzgeröll, wie es den tertiären Schottern eigen ist, aber etwa 10% bunte Gesteine, die nun in den altdiluvialen Stufen hinzutreten. Es wurden deshalb früher die einzelnen Schottervorkommen teils der Hauptterrasse, teils der Kieseloolithstufe zugerechnet.

Nach Jungbluth unterscheidet sich die Oberterrasse von den jüngeren Flußablagerungen durch das Fehlen weitherstammender verhältnismäßig gut erhaltener fremder Nichtquarzgesteine und den geringen Prozentsatz von Devongeröllen. Gegenüber den älteren Flußbildungen zeigt sie zum erstenmal in größerer Anzahl allerdings schlecht gerollte und etwas zersetzte Devonschiefer und Grauwacken. Es sind Gerölle am bergischen Rand vorhanden, auf welche die obige Beschreibung durchaus zutrifft, diese gehen aber nach oben allmählich ohne scharfe Grenze in etwas buntere jüngere Bildungen über, sodaß die Abtrennung einer durchgehenden altdiluvialen Stufe von der Hauptterrasse kaum möglich ist. Der im Engtal vorhandene morphologische Anhalt fällt hier vielfach fort, da beide Stufen z. T. wie auf dem Vorgebirge, in annähernd gleichem Niveau liegen.

2. Die Erhaltung und Verbreitung derselben.

Die Verbreitung der ältesten diluvialen Terrasse nimmt nördlich des Siebengebirges, wo sie etwa 180 m hoch um die Dollen-

dorfer Hardt liegt, flächenhafte Ausdehnung an. Auf den Randhöhen der Wahner Heide finden sich aber nur so gering mächtige diluviale Schotterreste, daß eine Abtrennung der ältesten diluvialen Stufen unmöglich ist.

Im Bereich der Gladbacher Kalkmulde zeigen sich in den Dolinen zuweilen untere hellere grobkörnige Sand- und Kiesschichten, die durch Lehm und z. T. tonige Feinsandschichten von den darüber liegenden gröberen und bunteren Kiesen getrennt sind.

Diese untere Kiesschicht in der Flora enthält auffallend viel (bis 80%) Quarze dazu Lydite, Achate und vereinzelt Kieseloolithe. Die Schichten sind häufig nachträglich stark braun gefärbt worden, doch ist die Zusammensetzung aus ursprünglich hellem Material unverkennbar. Einzelne grobe wenig gerollte zersetzte Devongerölle zeigen an, daß es sich nicht etwa um eine jungtertiäre Aufschüttung handelt.

Auf anderen Hügeln der Richterschen Grube wurde ein ähnliches Profil beobachtet, so am Kameelsbuckel in der Mitte des Aufschlusses. Auch hier liegen die altdiluvialen Bildungen über oligozänem Meeressand und unter einer etwa 6 m mächtigen Lehm- und Sandschicht. Es wurden darin neben den überwiegend kleinen Quarzkiesen vereinzelte graue und schwarze Kieselgesteine, sowie meist nur kantengerundete Lokalgesteine, Bensberger Quarzite, und Tertiärquarzite gefunden; der betreffende Kies liegt etwa 120—129 m hoch. Die Ausbildung mit trennenden Lehm- und Sandschichten scheint aber auf das Kalkgebiet beschränkt zu sein. Sie könnte deshalb auch eine Folge der Auslaugungswirkung des Untergrundes sein, wenn auch berücksichtigt werden muß, daß die liegenden oberoligozänen Sandschichten zuweilen keine Einsackung zeigen. Dennoch sind die Vorkommen m. E. zu beschränkt, um daraus weitgehende Schlußfolgerungen für die klare Abtrennung einer ältesten diluvialen Stufe zu ziehen.

Begehungen in dem Vorgebirge haben mir auch dort die Unsicherheit in der Abtrennung einer ältesten diluvialen Aufschüttung dargetan. Bei genauer Untersuchung zeigt sich in den untersten Schichten nur ein geringer Unterschied in der Zusammensetzung von Quarz und Devongestein, wohl aber eine Bleichung der tieferen Schichten, die vielleicht über den Tonen nur eine Folge des Grundwassers ist.

Es steht auch außer Zweifel, daß in der altdiluvialen Periode die Wurzel wie der Rand des Schuttkegels aus gröberem und in der Zusammensetzung der Gesteine verschiedenem Material bestand als die innern oder nördlichen Aufschüttungsflächen. Diese stratigraphischen Unterschiede können ein Grund für die gegensätzlichen Terrassenparallelisierungen sein. Am südlichen Buchtrand wird

bunteres Gestein abgesetzt worden sein als im entfernteren Niederrheingebiet. Zur Klärung dieser Frage trägt aber unser tektonisch kompliziertes und in der Gesteinszusammensetzung lokales Gebiet nichts Wesentliches bei. Diese läßt sich nur im Zusammenhang mit dem Buchtinnern beantworten.

Bei Berücksichtigung dieser faziellen Unterschiede ist der Quarzreichtum der ältesten diluvialen Schotter des bergischen Randes, d. h. der tieferen Schichten der höheren diluvialen Terrasse, um so auffallender seien sie nun abgetrennt in eine älteste diluviale Stufe zu stellen oder mit der Hauptterrasse zu vereinen. Man erwartet am Buchtrand nördlich der Einmündung größerer Nebenbäche mit vorwiegend bunter quarzarmer Schotterführung wie der Sieg und Agger eine Zunahme der Devonischen Gerölle. Die überaus helle Zusammensetzung der Ablagerungen würde für eine Einbeziehung in die Tertiärzeit sprechen, (vgl. Kurtz 1913 S. 94 Jaeckel u. Brandt 1912 S. 226) wenn nicht das Vorhandensein gröberer Blöcke, die nur bei eiszeitlichem Klima verfrachtet werden konnten, einer Einordnung in die pliozäne Stufe hinderlich wäre. Die gesamten höher gelegenen Schotter der bergischen Randterrasse in die älteste glaziale Stufe zu stellen, läßt die Verfolgung der Terrassen in die Nebenbäche nicht zu, deren Hauptterrasse unsern hellen Schottern nur in den oberen Teilen ein- und aufgelagert ist. Die helle Färbung der unteren Schotter und ihre eigenartige Zusammensetzung findet sich auch außerhalb der Gladbacher Kalkmulde.

Zwischen Buschhorn und Biese liegt unter $^1/_2$ m Decksand und größeren Erosionsrelikten (Quarzitblöcken) eine ca. 2 m aufgeschlossene, helle, fein bis grobkörnige Sandschicht mit unregelmäßig gelagerten Quarzkieslinsen, die kaum Devongestein enthalten, in etwa 115 m Höhe. Kieseloolithe sind selten.

Eine ähnliche Bildung liegt nördlich der Dhün bei Uppersberg, die aus etwa 90% Quarz, sowie Lydit und Kieseloolithen besteht, an der Straße, die von Uppersberg nach SW zum Dhüntal führt, in 118 m Höhe.

Die kleinen Aufschlüsse am bergischen Rand lassen jedoch die Auflagerung durch die rheinische Hauptterrasse nicht immer klar erkennen. Bei Uppersberg fällt die bunte Färbung der 7 m höher als die Rheinterrasse gelegenen Schotter in der Kuhle am westlichsten Hause südlich der Straße auf, die der Dhün- und Rheinhauptterrasse angehören werden.

Vermutlich sind die hellen Kiesreste auf den Zwischenstaffeln östlich Leichlingen bei Grünscheid in etwa 150 m Höhe gleichfalls dieser Stufe zuzuzählen. Wohin die hellen Kiese von St. Heribert (Quarze und Basalt in 184 m Höhe) und Orth (220 m) zu

stellen sind, ist noch fraglich. Auf Bl. Mettmann treten über der Hauptterrasse, deren Oberkante bei Ratingen nach einer Mitteilung von Breddin in 120 m Höhe liegt, in 150—170 m ältere diluviale Kieseloolithe enthaltende Schotter auf, die wohl die Fortsetzung der oben angegebenen Vorkommen bilden. Sie liegen aber wesentlich höher über der Hauptterrasse als die Oberterrasse Jungbluths mit nur etwa 15—20 m Höhenunterschied. Kieseloolithe sind am bergischen Rand südlich der Wupper in diesen höheren Stufen bisher nicht gefunden worden.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse läßt keine klare Schlußfolgerung zu, wie auch Brandt, Jaekel und Kurtz zu keinem eindeutigen Ergebnis kamen. Es kann nur die Vermutung ausgesprochen werden, daß die unteren Teile der bergischen Randterrasse und einzelne höher gelegenen Stufen infolge ihres Quarzreichtums und der Größe dieser Schotter gegenüber den Tertiärkiesen älteste diluviale Flußabsätze sind. Die einzelnen groben über 10 cm großen Quarzkiese können nicht tertiären Stufen entnommen worden sein, da diese im allgemeinen kleinkörniges bis nußgroßes Material aufweisen. Die Aufstellung einer ältesten diluvialen Stufe, vermutlich sogar mehrerer ältester diluvialer Schotterterrassen läßt eine Deutung der eigentümlichen Ausbildung der bergischen Hauptterrasse (s. u.) zu, die so auffallend helles Material trägt, daß Wildschrey behauptet (vgl. Steeger 1924), das älteste Diluvium des Niederrheins entspreche in seinem ausgebleichten Zustand nur der rechtsrheinischen Hauptterrasse. Es ist umgelagertes Material der ältesten diluvialen Stufen. Es können in diese ältesten diluvialen Stufen auch die Zwischenstufen über der eigentlichen Hauptterrasse, die leider durch ihr Fehlen im S des Gebiets keinen Zusammenhang mit der Oberterrasse Jungbluths ergeben, eingeordnet werden. Östlich der Hauptterrasse liegen somit am bergischen Rand die Schotterstufen so übereinander, daß die jüngeren zu den älteren aufsteigen, während westlich der Verwertung, die von Seligenthal nach Kohlscheid reicht, die jüngeren Rheinablagerungen im allgemeinen über den älteren auftreten (s. u.). Leider lassen sich hier die selbständigen Stufen von den Bruchstufen noch nicht abtrennen, da die Lößdecke nur ungenügenden Aufschluß

zuläßt. Petrographisch steht eine Stufe der Hauptterrasse, eine zweite der Kieseloolithstufe näher.

III. Die Hauptterasse.

Die randliche bergische Terrasse, die in ungefähr derselben Höhe wie auf dem Vorgebirge liegt, wurde wegen ihrer eigentümlichen Ausbildung von Kurtz (1912 S. 94) sowie Brandt und Jaeckel (1912 S. 226) nicht mit Sicherheit der Hauptterrasse oder der Pliozänstufe eingeordnet, bis Fliegel (1912, 1914, 1922) sie der Hauptterrasse einbezog. Wunstorf (1922 S. 123) läßt dieselbe östlich Ratingen bis zu 180 m aufragen. Damit war die bergische Randterrasse bis in die neueste Zeit zu einem interessanten Problem durch ihre Höhenlage und ihre abweichende Ausbildung geworden. Es galt, die Fragen zu beantworten, ob die Rheinhauptterrasse hier nicht vorhanden ist, wie Kurtz vermutet, oder ob sie zum größten Teil dem jungdiluvialen Ausraum zum Opfer fiel; ferner ob es sich um ältere Bildungen handelt, etwa die Fortsetzung der Oberterrasse von Jungbluth, und wie sie sich in ihrer Ausbildung, Lagerung und ihrem Gefälle den älteren und jüngeren Stufen gegenüber verhält? Doch führte ein eingehendes Studium der Terrassenreste nicht zum Ziel; ein Bild der altdiluvialen Landschaft und des damaligen Rheinlaufs konnte erst gewonnen werden, nachdem die Nebenflüsse am Unterlauf bezüglich ihrer morphologischen und petrographischen Hauptterrasse erforscht worden waren.

1. Die Ausbildung der bergischen Randterrasse.

Die bergische Randterrasse, wie Prof. Thorbecke die Hauptterrassenstufe benennt, zieht sich in gleichbleibender Höhe ungefähr parallel der Ville von den Siegburger Randhöhen in etwa 150 m bis 160 m im S nach Leichlingen in zirka 110 m Höhe bis zum Grafenberg bei Düsseldorf hin. Gegenüber der bedeutenden Ausdehnung im westlichen Teil der niederrheinischen Bucht tritt sie hier landschaftlich weniger auffallend auf. Doch bildet sie mit ihren stark zerfurchten Resten und den kiesfreien Zwischenstücken eine merkliche Randstufe zur tieferen Hochfläche des bergischen Landes. Zwischen Lohmar an der Agger und der Gladbacher Kalkmulde ist sie stellenweise gänzlich abgetragen oder nur in schmalen Resten

erhalten, nach N zu wird sie breiter, so daß sie an der Dhün und der Wupper größere Flächen bildet.

Die morphologische Ausbildung der Terrasse ist stark wechselnd, so daß im Gebiet der Wahner Heide die erosionskräftigen Seitentäler der Agger und Sülz sowie starke Denudation die Terrasse fast vollständig entfernten und den alten Talboden in Hügel auflösten, während der nördlich der Dhün gelegene Gebirgsabschnitt z. T. geringere Zerlappung in breite abgeböschte Riedel besitzt, und in langen Wellenlinien sich hinziehende Konturen aufweist.

So ist die morphologische Ausbildung der bergischen Randterrasse von der linksrheinischen Terrassenlandschaft der Ville und der Rur-Erft-Ebene durchaus verschieden, indem an dem rechtsrheinischen Geländeanstieg eine starke Auflösung der ehemals zusammenhängenden ebenen Stufen der Taltreppe eintrat, die durch den Regenreichtum der ansteigenden Hochfläche bedingt wird.

Neben der Zerfurchung der bergischen Randterrasse durch zahlreiche Zuflüsse spielt die die Höhenunterschiede verwischende Sand- und Lößbedeckung eine große Rolle bei ihrer Formgestaltung. Wo die Terrasse in schmaler Ausbildung dem Steilhang zur Hochfläche anliegt, ist sie von einer starken Sanddecke verhüllt, da die von W, von den tieferen Terrassen ausgewehten Sande sich der vorherrschenden Windrichtung entsprechend am Anstieg verfingen.

Die nördlich der Gladbacher Kalkmulde gelegenen Terrassenreste stehen durch die starke Lößbedeckung in einem gewissen Gegensatz zu den lößärmeren südlichen Resten. Die Terrasse selbst verschwindet nach O zu unter der mächtigen Lößdecke, die hier eine genauere Erforschung ihres Ostrandes unmöglich macht.

Die geologische Ausbildung der Terrassenkiese ist eigentümlich durch das Vorwiegen weißer Quarzkiese, so daß die Vermutung nahe liegt, daß es sich z. Z. um Material einer aufbereiteten älteren Terrasse, wahrscheinlich die älteste diluviale Stufe handelt, die zur Zeit der Hauptterrassenbildung in dieser Gegend noch vorhanden war. Viel neues Material ist nicht hinzugeführt worden.

Die petrographische Ausbildung der Kiese wechselt lokal; sie sind aber im allgemeinen von denen der Ville durchaus verschieden. Die bergische Randterrasse weist 70—80 % Quarzkies gegenüber etwa 50 % in der linksrheinischen Hauptterrasse auf. Auffallend ist das seltene Vorkommen flacher bunter Devongeschiebe, die sich meist in der Villehauptterrasse recht zahlreich einstellen. Wohl finden sich in der rechtsrheinischen Terrasse recht häufig nur

kantengerundete devonische Grauwacken, Arkosen, Sandsteine, Quarzite, sowie vereinzelte Tonschieferblöcke der nächsten Umgebung, aber das kleine bunte Kiesmaterial, das der Hauptterrasse eine von den hellen quarzigen tertiären Aufschüttungen verschiedene Färbung verleiht, fehlt hier stellenweise fast ganz. Außerdem besitzen die zahlreichen Quarzkiese dieser Terrasse nicht etwa gut gerundete Form von gleichmäßiger Korngröße, sondern sind kantengerundet, und vielfach größer als der Tertiärkies, so daß nicht allein ein Aufarbeiten älterer Quarkiese stattgefunden hat. Die im allgemeinen gut gerollten gröberen Tertiärgerölle können nicht durch weiteren Transport eine kantige Oberfläche erhalten haben.

Von der Gladbacher Kalkmule an stellt sich nach N typisches Rheingeröll (Granit, Buntsandstein, Porphyr, wenn auch sehr selten ein, etwas häufiger Kieselschiefer und rote Eisenkiesel). Die groben bis 0,60 m großen Blöcke lassen keinen Zweifel an dem diluvialen Alter der höheren Teile der Terrasse zu, zumal eine Untersuchung der Hauptterrasse der Nebenflüsse in der Nähe ihrer Mündung und ihrer Beziehungen zur rheinischen Hauptterrasse die Ein- und Auflagerung der bunten Nebenfluß- und Bachschotter mit besonderen Lokalgesteinen (z. B. den devonischen Konglomeraten der Wupper) in die helle quarzkiesreiche Rheinhauptterrasse erkennen läßt. Vielfach liegen die dunklen bunten Schotter der Zuflüsse als breite Schuttkegel der Rheinhauptterrasse auf.

Für die Beziehungen der rheinischen Terrasse zu der der Nebenflüsse ist die beiderseitige Höhenlage interessant. Die rheinische Randterrasse der Bucht liegt mit ihrer Unterkante bis etwa 12 m unter der Auflagerungsfläche der Hauptterrassenkiese der bergischen Bäche, doch weist die rheinische Terrasse stellenweise in ihren obersten Teilen schon eine wesentliche Beimengung bunter Bachschotter auf. Die Terrassen der Zuflüsse wären hiernach auf die Oberkante der rheinischen Terrasse eingestellt gewesen (vergl. Knuth 1922).

Die lokale Ausbildung der bergischen Randterrasse wird noch stärker durch einen Vergleich mit der Hauptterrasse des Eifelrandes betont, die äußerst bunt gemischt ist, und der die Eifelrandflüsse durchweg dunkleres Devonmaterial ein- und aufgelagert haben.

Die bergischen Randflüsse weisen als Hauptterrassenkies, wie die des Eifelrandes, fast nur bunte gelb-braune bis graurote Bachgeschiebe auf. Diese fehlen in den unteren Teilen der

bergischen Randterrasse fast ganz. Die Bachhauptterrassen sind aber mitunter sandig ausgebildet z. B. an der Dhün und Wupper, so dass darin teilweise eine Erklärung für die eigentümliche Zusammensetzung unserer Terrasse gefunden ist.

2. Die Erhaltung der Hauptterasse in Terrassenresten.

Auf Blatt Siegburg haben Knuth 1922 die Siegterrassen und Jungbluth 1917 die Rheinterrassen aufgenommen. Die älteren diluvialen Stufen liegen dort deutlich ausgebildet vor: 1. eine ältestdiluviale Stufe, die Oberterrasse, in 185—190 m nördlich der Dollendorfer Hardt, 2. die ältere Hauptterrasse in 175 m nach Knuth bei Rott, 3. die jüngere in 160—150 m südlich Hennef und Siegburg. Die gestörte Stufe liegt bei Roleber in 145—160 nach Knuth und am Kreuzberg in 140—157 m nach Jungbluth. Nördlich der Sieg setzt nach Knuth eine einheitliche Stufe, die er Agger- und Wahnhauptterrasse nennt in ca. 160 m ein. Sie beginnt nördlich des Wahnbaches bei Umschoß, zieht sich über Franzhäuschen bis nach Hallberg hin, wo sie in 155 m bei Eichen auftritt. Sie bedeckt auch die Randhöhen des Siegburger Ausraums. So liegen die Schotter auf dem Basaltgang westlich Siegelsknippen sowie auf den, den Rothenbachausraum umgebenden Höhen in ca. 152 m. Einzelne Vorkommen sind durch die NW—SO-Verwerfungen und durch sie begünstigte Bachläufe isoliert worden. Die Terrasse ist im allgemeinen auf dem Devonsockel östlich der Linie Seligental-Donrath zusammenhängender und östlich der Linie Seligental-Lohmar in etwas tieferer Lage auf Devongestein und Basalt in zerlappter Ausbildung erhalten. Westlich der zuletzt genannten Linie beginnt das Tertiärgebiet, von dem die Schotter der oberen Diluvialterrasse entfernt wurden. Die morphologische Eigenart der einzelnen Gesteinsarten ist hier deutlich wahrnehmbar. In breiter Stufe steigt das ausgeräumte Gebiet zur lößbedeckten Hochfläche auf, wobei die tektonischen Linien des Bruchgebietes und das harte vulkanische Gestein die Kleinformen beeinflußten. Im Tertiärgebiet sind ferner einzelne Kieshöhen als rel. Härtlinge ausgebildet.

Nördlich der Agger setzen sich die Agger- und die Sülzhauptterrassen flußaufwärts fort. Die Aggerterrasse ist von Wielpütz (155 m) über Scherferhof, Scheiderhöhe, Schöpcherhof nach Kreuzhäuschen verfolgt worden, die der Sülz von Wielpütz nach Oberlüghausen bis Hoffnungstal (etwa 160 m Unterkante).

An der Agger stimmen die Gegenseiten in der Terrassenhöhe überein (z. Vgl. die Höhe von Münchhof 160—155 und Kreuzhäuschen 155 m bis ca. 158 m), an der Sülz aber erst von Vierkotten an flussaufwärts. Flussabwärts ist das rechte Sülzufer bedeutend

niedriger, Terrassen fehlen hier bis auf geringe Erosionsrelikte, grobe Blöcke von Tertiärquarzit, härterem Devongestein und vereinzelten bunten Geschieben, so auf den Randhöhen der Wahner Heide, dem Hochberg und der Hohen Schanz (127 m). In diesem von Geschoßeinschlägen durchwühlten Gebiet ist die ursprüngliche Lagerung nicht mehr zu erkennen. In dem Devongebiet von Altenrath und Lohmar sind nur ganz vereinzelte Schotter gefunden worden. Jenseits der Sülz liegen bei Heppenberg (155 m) noch helle Schotter, die wohl hierhergehören.

Die auffallend tiefen Flächen rechts der Sülz sind durch tektonische Störungen, starke Ausräumung des Tertiärgebiets und Abtragung und Erosion des Devonsockels entstanden (S. u.).

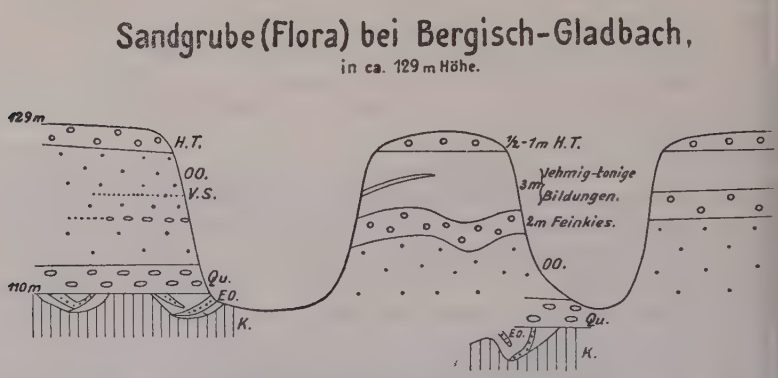
Östlich des Bahnhofs Forsbach ist in 135 m bis ca. 143 m ein Terrassenrest vorhanden, der alttertiärem Kies aufliegt. Neben ca. 50% Quarzkiesen finden sich am Aufschluß östlich der Bahn rel. viele kantengerundete und eckige Devonbrocken, bunte Quarzite, Brauneisensandsteine und Conglomerate, somit Gesteine, die z. T. aufgearbeitet sind, z. T. dem devonischen Hinterland entstammen.

Die gleichen rotbraunen Sande und Schotter zeigt ein weiter im SO gelegener Aufschluß in 141—143 m Höhe mit einem größeren Quarzgehalt von etwa 75%. An verschiedenen Stellen sind die Schichten durch Eisen verfestigt. Die in der Umgebung der Terrassenreste gelegenen Flächen in annähernd gleicher Höhe werden die von zahlreichen Tälchen zerfurchten letzten Talbodenstücke darstellen.

Eine ähnliche Ausbildung zeigen die 125—130 m Flächen b. Bensberg. Im Eicherbusch mischen sich grobe und kleine Quarzkiese mit meist lokalem oft nur kantengerundetem Devonmaterial, die in verwachsenen Aufschlüssen schlecht erkennbar sind. Die Fläche bei Greuel zeigt nur vereinzelt Reste der einstigen Terrasse über älteren tertiären Bildungen, während die übrigen am Fuße des Bensberges gelegenen Ebenheiten derselben Höhe schotterlos sind.

Den besten Aufschluß in der bergischen Randterrasse gibt die große Grube an der Villa Flora NW Bergisch-Gladbach. Die zahlreichen Sandgruben mit den bis 25 m aufragenden weißgelben oberoligozänen Sanden und rotbraunen diluvialen Sanden und Kies können bei starker Sonnenbestrahlung eine Wüstenlandschaft vortäuschen, vor allem, wenn der Wind die losen Sande zu kleinen Dünen mit Windfurchen zusammenweht, die widerständigeren Schichten aber als Leisten an den Höhen herausragen läßt. Es hebt sich dann eine obere rötlich-braune bis gelbe Schicht deutlich von den Tertiärsanden und Kiesen ab, die in wechselnder Höhe an einzelnen Stellen in tiefen Taschen und Dolinen des Massen-

kalkes durch Flexuren mitsamt dem Meeressand versenkt, an anderen Stellen an Verwerfungen eingebrochen ist, so daß sie mit stark wechselnder Unterkante und dadurch bedingter ungleicher Mächtigkeit (bis zu 7 m) ausgebildet ist. Diese Art der Lagerung zeigt an, daß die Auslaugung des Massenkalkes stellenweise auch während der Ablagerung der Randterrasse fortschritt. Fast überall zeigen sich innerhalb des Kalkgebietes zwei Kiesschichten, die unten meist heller, nach oben dunkler gefärbt sind und durch eine bis zwei m mächtige Sand- und Lehmschicht mit vereinzelten Tonlinsen getrennt werden. Die Kiesschichten beginnen meist mit vereinzelten gröberen Blöcken aus Tertiärquarzit und Conglomerat, Bensberger Grauwacke, Basalt, die den Eindruck von Erosionsrelikten älterer Bildungen erwecken. An Gesteinen sind außer den genannten in den



K.-Kalk, Eo.-Eozän, Qu.-Quarzkies, OO.-Oberoligozän, V. S.-Vallendarer Schotter, H. T.-Hauptterrasse. (Vgl. S. 402.)

unteren Lagen neben ca. 80% Quarz, Lydite, Quarzite und Kieseloolite vorhanden, nach oben zu mehr Grauwacken, Arkosen, größere zersetzte Brocken der Bensberger Schichten, Basalte, Tuffgesteine, Rotkieselschiefer, Rosenquarz, rötlicher Sandstein, Achate u. a., vereinzelt ein Granit und Porphyr. Doch sind diese Vorkommen im Verhältnis zu den bunten Geschieben des Vorgebirges gering; die braune Gesamtfärbung wird nur durch die nachträgliche Durchtränkung mit Eisenoxyd hervorgerufen, die auch die obersten Tertiärsandschichten noch stark betraf. Die Korngröße der Schotter, die Wechsellagerung gröberer Gerölle, feinerer Kiese und Sande unterliegen hier großem Wechsel.

Leider läßt die dortige altdiluviale Aufschotterung infolge der Einlagerung und Sackungserscheinungen in den Kalktrichtern eine Trennung in verschiedene Stufen nicht zu, während außerhalb des Kalkgebietes die erhaltene oder aufgeschlossene Schottermächtigkeit zu solchen Schlußfolgerungen zu gering ist.

Die Terrasse setzt sich auf den Paffrather Höhen einerseits nach Biese zu, andererseits nach Mutz hin fort, wobei sie das die Gladbacher Kalkmulde nach N. begrenzende, vorwiegend schiefrige selten sandige Devongebiet erreicht. Ein jüngerer Dhünlauf räumte sie nördlich Biese aus, so daß sie erst nördlich der Dhün bei Uppersberg in etwa 118—123 m auftritt, einmal als sehr helle, vermutlich ältere, untere, kleinkörnige Schotteraufhäufung mit Lyditen und Kieseloolithen an der Straße von Uppersberg zum Dhüntal, sodann in der verwachsenen Kiesgrube am letzten Haus im SW von Uppersberg mit einer Beimischung von grauen und gelblichen flachen Dhünschottern in 122—125 m. Eine wieder geringere Vermischung mit Dhünkies zeigt der erste Aufschluß NO Neuenhaus in 119—120 m. Die Aufschlüsse in dieser Gegend bis nach Edelrath hin zeigen unter der 120 m Linie die Rheinterrasse als Fortsetzung der Gladbacher Aufschotterung, während die höheren Schotter die Aufnahme der Dhünkiese zeigen, die NO Uppersberg zu einer reinen Dhünhauptterrasse mit grau-bräunlichen Devongeschieben in 130 bis etwa 140 m aufsteigt. Es fällt die Mächtigkeit der Kiesmassen von 118 bis 140 m auf (s. u.).

Nach N folgt eine auffallend breite 120 m-Terrasse. Wenn man der 120 m-Linie des Meßtischblattes Burscheid von Uppersberg aus über Neuenhaus, Horkenbach, Birkhahnerberg, Fettehenne, am Haus des Ortsvorstehers vorbei nach dem Sandberg, Meckhofen, Steinbüchel, Kamp, Hamberg, Schöne Aussicht, Atzlenbach, Pattscheid, Hüscheid, Wietsche, Hüschelrath, Schmeerbach und Diepenbroich folgt, so trifft man eine zum weitaus größten Teil aus Quarzen von verschiedenster Korngröße und Rundung mit geringer Beimischung farbiger Quarzite und weicher Devongesteine bestehende Rheinterrasse an. Sie weist in Farbe und Gesteinsgefüge Ähnlichkeit mit den Schottern der Paffrather und Gladbacher Höhen auf, besonders in den westlichen Teilen. Nach O, zur bergischen Hochfläche, und nach N, zur Wupper zu, enthält sie in den höheren Teilen mehr buntes Geschiebe, so bei Hamberg in 123—125 m NN und Bergerhof in 120—127 m. Sie liegt von der Gladbacher Mulde an meist auf oberoligozänen Sanden.

Sie bildet nicht wie in der Kalkmulde die Höhenrücken, sondern ist hier unter starker Lösschicht verdeckt, so daß sie nur zu Seiten der vielen von NO-SW sich hinziehenden Riedel auf den Feldern oder in den Kieskuhlen zu Tage tritt

Im morphologischen Bild der Landschaft geben sich die Ebenheiten obgleich sie schon sehr deformiert sind, durch ihre Höhengleichheit als genetisch zusammengehörige Stufe zu erkennen, die allerdings lokal durch bergische Randschotter an den größeren Nebenflüssen erhöht wird.

Eine Einzelbeschreibung der Aufschlüsse verlohnt sich nicht, es sei nur auf die bequem zu erreichenden am Nordausgang von Bruchhausen, NO der Schönen Aussicht, beim Gasthaus Sonne bei Wietsche und nördlich von Hüschelrath aufmerksam gemacht. Auffallend ist die gleichbleibende Höhe dieser hohen Rheinterrasse von 120 m bei Uppersberg und 120 m bei Hüschelrath. Es ist bei der geringen Mächtigkeit der Rheinterrasse bei Hüschelrath (ca. 2 m) kein nennenswertes Gefälle vorhanden.

Jenseits der Wupper findet sich die Rheinterrasse in 107 bis 108 m bei Leichlingen auf dem Wenzeln- und Spürkelnberg und östlich Landwehr auf oligozänem Meeressand. Die Mächtigkeit ist je nach dem Erhaltungsgrad wechselnd; Schotter finden sich in den großen Sandgruben bei Merlenforst, die die Floragruben bei Bergisch-Gladbach an Höhe noch übertreffen (über 30 m), auf dem Wenzeln- und Spürkelnberg in höchstens 3 m Mächtigkeit, dagegen bei Landwehr mit der ein- und aufliegenden Wupperterrasse in 107 bis 123 m Höhe, also 16 m mächtig.

Die genaue Mächtigkeit der Terrasse ist infolge mangelhafter Aufschlüsse kaum aufzustellen. Das helle Rheindiluvium scheint 7 m nicht zu überragen. Nach Fliegel sind 6—8 m die Normalmächtigkeit der Hauptterrasse auf dem linksrheinischen Vorgebirge, sodaß die Terrasse stellenweise auch rechtsrheinisch in der Gladbacher Gegend in gleicher Weise ausgebildet zu sein scheint. Dem widerspricht aber die Mächtigkeit der Stufe bei Uppersberg (118—140 m Höhe). Eine vermutete Störung, die durch den Ort Uppersberg verläuft, könnte für eine Absenkung der Rheinschotter herangezogen werden, wenn nicht die Lößbedeckung der klaren Beobachtung hinderlich wäre. (Vgl. Profil Nr. 3.)

Daß tektonische Ereignisse während der Ausbildung der Hauptterrasse eintraten, ist aus dem Verhalten des oligozänen Sockels zu ersehen, der in einem Graben dem Grundgebirge westwärts vorgelagert ist. Die Terrasse greift an verschiedenen Stellen über den Bruchrand nach O., so bei Auf der Höhe, Neuboddenberg und in der Gladbacher Kalkmulde. Wer etwa von der Richterschen Sandgrube bei Bergisch-Gladbach, wo die Hauptterrasse in 6 m Mächtigkeit über 12 m oberoligozänem Meeressand liegt, nach O. geht, kommt am Jägerhof an die von gleichaltrigem diluvialem Rheinkies nur in

höchstens 1—2 m Mächtigkeit aufgefüllten kleinen Kalktrichter, die hier die Terrasse auch ohne oligozänen Sockel direkt auf den Kalken zeigt. (Vgl. Profil Nr. 4.) Diese Lagerung läßt den Schluß zu, daß zur Zeit der Aufschotterung der Terrasse tektonische Bewegungen der Randstaffeln eintraten, die nach W. zu die größere Mächtigkeit der Hauptterrasse und des oligozänen Sockels bedingten. Der Rheinlauf hat hier den tektonisch angelegten Westhang der randlichen bergischen Hochfläche angegriffen und ostwärts verlegt. Dadurch findet auch das Vorkommen nur kantengerundeter Lokalgesteine eine Erklärung. Der Stufenabstand von etwa 40 m zwischen der Randterrasse und dem Rande der Hochfläche ist bei Forsbach, Bensberg und Bergisch-Gladbach sowie bei Glöbusch, nördl. Odental, scharf ausgebildet.

Nun mündeten die bergischen Bäche trichterförmig auf die Oberkante der rheinischen Schotterfläche und überschütteten sie mit ihren flachen dunkleren Bachgeschieben ähnlich wie die Eifelrandflüsse. Die Agger- und Sülzhauptterrassen liegen in rund 158 m (Unterkante). Die Dhünterrasse lagert in 130 m (die Höhenangabe beansprucht hier infolge ungenügender Aufschlüsse nur bedingte Geltung) auf der bis 118 m hinabreichenden Rheinaufschüttung. Deren untere Schotter gehören wohl der ältesten diluvialen Stufe an, die hier vor Ausbildung der rheinischen Hauptterrasse grabenartig eingebrochen zu sein scheint, da sie nach Fliegel und Wunstorf im Bereich der niederrheinischen Bucht unter der Hauptterrasse liegt. Auf der linken Wupperseite beginnen die hellen Rheinkiese in etwa 118—120 m (Unterkante). Die Wuppergerölle lagern darüber in etwa 125 m und reichen bis zu 133 m hinauf, während auf dem rechten Ufer die entsprechenden Höhen für die rheinische Schotter 107 m, die der Wupper 113—125 m betragen. Die Stufen liegen nördl. der Wupper, sonach rund 10 m tiefer. Eine Störung verläuft hier dem heutigen Wuppertal parallel von Auf der Höhe bis östl. Opladen. Ihre Entstehung fällt in die Zeit nach Ausbildung der Hauptterrassenstufen.

3. Das Alter der bergischen Randterrasse.

Der Westabfall des bergischen Landes läßt die bekannte Dreiteilung der diluvialen Terrassen in Haupt-, Mittel- und Niederterrasse zu, doch wurde schon auf die Schwierigkeit der Eingliederung der älteren der drei Stufen hingewiesen. Diese ist morphologisch im nördlichen Teilgebiet als „die Hauptterrasse" Philippsons ausgebildet, doch war sie wegen ihrer tiefen Lage und abweichenden geologischen Zusammensetzung gegenüber den altdiluvialen Terrassen des rheinischen Schiefergebirges schwer zu parallelisieren. Es fragte sich, welcher der drei dort im Altdiluvium ausgeschiedenen Terrassen, ob der Ober- der älteren, oder jüngeren Hauptterrasse sie einzubeziehen sei. Ihr Gesamthabitus weist eine große Ähnlichkeit mit der Jungbluthschen Oberterrasse auf, sodaß man auf den ersten Blick sie derselben gleichzustellen geneigt ist. Da aber die bunte Hauptterrasse der Randflüsse der hellen rheinischen ein- und aufgelagert ist, so muß der von der mittelrheinischen Hauptterrasse verschiedene Charakter auf andere Ursachen zurückgeführt werden.

Vermutlich handelt es sich um eine Bespülung des bergischen Randes durch den ältesten diluvialen Rhein, über den der Hauptterrassenrhein nach O. übergriff und dabei zum größten Teil den Kies der älteren Aufschüttung aufarbeitete, aber wenig neues Material zuführte. Eine scharfe Trennung der beiden Stufen ist bei der vielfach nur geringen Mächtigkeit der Terrassenreste nicht mehr möglich.

Wenn die Hauptterrassenreste auch infolge des südlichen Ausraums in ihrer Verbreitung und in ihrer Höhenlage nicht die unmittelbare Fortsetzung der rheinischen Hauptterrasse bei Bonn bilden und die fremde Zusammensetzung der Schotter auffällt, so ist der Zusammenhang mit den Hauptterrassen der Nebenflüsse, der an Dhün und Wupper zu verfolgen ist, ausschlaggebend für die Einordnung derselben in die rheinische Hauptterrasse. Fliegel (1922 S. 142) faßt daher die auffallend hellen Terrassenkiese als Randfacies des Schuttkegels auf, den der Rhein im niederrheinischen Tiefland von der Ahrbucht an auffüllte; die Sieg habe hier den Rhein gespeist; dabei sei die Sieghauptterrasse mit den Rheinkiesen nach W. allmählich und unmittelbar zusammen- oder wenigstens nebeneinander hergeflossen, wie es heute noch bei Rhein und Ill der Fall sei. Knuth (1912 S. 68) nimmt an, daß durch die vereinigte Kraft der Nebenflüsse also von Sieg, Wahnbach, Agger und Sülz der Hauptterrassenrhein, der schon sowieso eine Tendenz nach Westen hatte, in dieser Richtung abgedrängt worden sei. Wie die oben erwähnten Geröllfunde zeigen, hat der Rhein

das bergische Land von der Gladbacher Kalkmulde an bespült, wenn auch nur selten und in besonders wasserreichen Phasen.

Die helle bergische Randterrasse des Rheins entspricht der Höhe nach der bunten oberen diluvialen Terrasse der Ville. Sie liegt bei Forsbach in 135—140 m, bei Düsseldorf in 98—120 m und bei Duisburg in etwa 79—90 m Höhe. Es fragt sich daher, ob die höher gelegenen diluvialen Schottervorkommen am Westabfall des bergischen Landes nicht etwa Bruchstufen einunderselben Terrasse darstellen. Dafür könnte der Sockel aus oberoligozänen Meeressanden sprechen, der an der Wupper die Kiese unterlagert. Er nimmt aber nach O. ab, obwohl bei dem Ansteigen der Terrassenunterkante am Rande des Talbodens eine Zunahme der Mächtigkeit der Meeressande (die jedoch ehlt) vorhanden sein müßte. Die Kiese zeigen auch nicht eine Anhäufung der bunteren frischeren Bestandteile nach O., sondern der Quarzgesteine. Die Schotter sind, je höher sie ansteigen, um so intensiver gebleicht. Nach einer Mitteilung Breddins keilt zudem die Hauptterrasse auf Bl. Mettmann an der 120 m Linie aus, so daß eine scharfe Abgrenzung von zwei altdiluvialen Stufen möglich ist, von denen die eine älter ist als die bergische Randterrasse.

Nach S hin ist nur eine Stufe dieser Terrasse vorhanden. Von der Dhün an liegt zur Wupper eine zweite Stufe etwa 10—15 m tiefer. Diese kann nicht etwa von der höheren abgebrochen sein; denn die jüngere Stufe zieht sich am Sporn von Leichlingen nach drei Seiten um die bergische Randterrasse, die auf dem Spürklen- und Wenzelnberg liegt, in die Täler hinein. Im S. fällt die tiefe Lage der bergischen Randterrasse in 135—145 m auf, die der gestörten Hauptterrasse, der Kreuzbergstufe in 140 m bei Bonn, zu entsprechen scheint. Dieser Auffassung und Parallelisierung widerspricht nur die eigentümlich helle Zusammensetzung der Schotter. Faßt man die Stufe als umgelagertes ältestes Diluvium auf (s. o.), so lassen sich die Sonderverhältnisse deuten. Durch die randlichen Zuflüsse müßte weit mehr buntes Material randlich in die rheinische

Hauptterrasse eingeschwemmt worden sein, auch wenn man annimmt, daß der Rhein zu Beginn der Aufschotterung der Hauptterrasse den bergischen Rand bespült habe, und weiter berücksichtigt wird, daß in dem langen Zeitraum des Altdiluviums das Schottermaterial einem Wechsel in der Zusammensetzung von helleren gebleichten zu bunteren frischeren Geröllen unterlag.

Die Hauptterrasse der Nebentäler legt sich der höheren Stufe der bergischen Randterrasse auf. Die Dhün- und Wupper-Hauptterrassenunterkante liegt bei Uppersberg (120 gegen 136), also 16 m, bei Leichlingen (Bergerhof) (118 gegen 127), also 9 m und bei Landwehr (107 gegen 113), also 8 m über der rheinischen Terrasse. In den Nebentälern ist unterhalb der eigentlichen Hauptterrasse eine 10—15 m tiefer gelegene Stufe entwickelt. Das Forsbacher Vorkommen der bergischen Randterrasse ist aber gegenüber der eigentlichen Sülz-Hauptterrasse also der höheren Stufe der Nebenbäche schon gesunken (158 : 145 m). Knuth gibt an, die Sieg habe die Oberkante ihrer Hauptterrasse auf die rheinische Oberkante eingestellt, während die Unterkanten verschiedeu hoch ausgebildet sein konnten. An der Dhün liegt aber die obere Hauptterrasse der Zuflüsse auf der rheinischen bergischen Randterrasse und in dieser haben die Nebenflüsse sodann eine zweite Stufe meist eine Erosionsstufe ausgebildet, die also jünger sein muss als die bergische Randterrasse. Die ältesten diluvialen und Hauptterrassenschotter lagen schon da, als sich die bunten Schotter der Zuflüsse, wie übrigens auch die Eifelschotter, darauf legten, d. h. die rheinische Stufe sank während des Altdiluviums vermutlich ein, wurde überschüttet mit bunten bergischen Schottern und zwang zuletzt durch einen stärkeren relativen Höhenunterschied die bergischen Nebenflüsse, sich in eine etwa 10—15 m tiefer gelegene Stufe einzuschneiden.

Die bergische Randterrasse liegt von der Gladbacher Kalkmulde an nordwärts auf einem Sockel aus oberoligozänen Meeressanden, der durch seine ungleiche Mächtigkeit (an der

Flora 12—18 m, Leichlingen ca. 30, Düsseldorf ca. 50 m) Aufschlüsse über die tektonischen Störungen des Untergrundes liefert. Dieser Oligozän-Sockel ist zugleich durch die Schwankungen seiner Höhe bei gleichbleibender Devonoberkante ein Beweis für die Ausbildung einer zweiten Stufe der bergischen Randterrasse.

4. Die Mehrstufigkeit der Hauptterrasse.

An der Wuppermündung legt sich an die Scholle des Spürklenberges (110 m) die einen Devonsockel in ca. 87 m aufweist, eine oberoligozäne Sanddecke in 87—107 m und in 107—110 m die bergische Randterrasse auf. Am Kellerhausberg westlich Leichlingen ruht in 88—90 m eine zweite Stufe der Randterrasse auf etwa 10 m hohen oberoligozänen Sanden, während hier das Devon in ca. 78 m ansteht (vgl. Profil Nr. 1 und 2). Bei dieser ca. 17 m tiefer liegenden Stufe, die der nur etwa um den Betrag von 7 m gesunkenen gestörten präoligozänen Landoberfläche aufgelagert wurde, kann es sich nur um die Ausbildung einer gesonderten Erosions- und Akkumulationsstufe handeln und nicht etwa um eine ca. 17 m betragende Störung.

Nach den Angaben von Brandt und Jaekel (1912) finden sich am Rande der Hildener Heide weitere Schottervorkommen unterhalb der oberen Stufe der bergischen Randterrasse, die vielleicht hierhin gehören. Die tiefere Stufe ist im Gebiet der altdiluvialen Wuppermündung in die rheinische Hauptterrasse bei Landwehr und Leichlingen insbesondere bei Merlenforst und zwischen Birkendahl und Hasenmühle erhalten.

Auf der linken Wupperseite liegt diese Stufe ca. 10 m höher bei Büscherhöfen in 100 m, westlich Wietsche in ca. 96—98 m Unterkante. Sie läßt sich dann in ca. 96—100 m am Bahneinschnitt bei Bergisch-Neukirchen sowie am Wasserturm von Maurinushäuschen in etwa 98 m feststellen. Am Weg von Biesenbach nach Klaasbruch und westlich Fettehenne tritt sie in ca. 105 m auf und zieht sich der Dhün entlang von Odental (118 m) nach Kalmünten (108 m) und nach Menrath (129 m Unterkante) hin.

Die untere Hauptterrasse ist wesentlich schmaler als die obere Stufe ausgebildet. Eine starke Schotteraufschüttung ist an den Nebenflüssen nicht vorhanden. Da es sich um

eine über dem Engtalrand abgesetzte Stufe handelt, so kann das lockere Material denudiert worden sein, sodaß die tiefere Stufe nur als Erosionsstufe erhalten blieb.

Die beiden Stufen treten auch an der Agger und Sülz auf. Ein Schottervorkommen der jüngeren Hauptterrasse findet sich bei Menzlingen an der Sülz in 143 m NN., ca. 15 m tiefer als die ältere Stufe in ca. 160 m Höhe bei Oberlüghausen. Einen gleichen Abstand weisen die beiden Stufen an der Agger z. B. bei Münchberg auf. Am Rhein läßt sich südlich der Dhün eine jüngere Schotterstufe nicht auffinden.

Die Schotterführung und Sandbeimengung der jüngeren Hauptterrasse ist im mündungsnahen Gebiet der Nebenflüsse stark wechselnd. Der Aufschluß nordöstlich Landwehr an der Straße von Birkendahl nach Auf der Höhe, der die Wupperhauptterrasse in ca. 113—120 m aufschließt, zeigt in dieser große Sandlagen, die der jüngeren Terrasse fehlen, doch könnte der Sand hier auf den schmalen vorderen Riedeln ausgewaschen sein.

Am Rhein zeigt die geologische Ausbildung der Stufe bei Leichlingen eine stärkere Beimengung typischer und bunter Rheingerölle neben ca. 50% Quarzkiesen. Es liegen bei Maurinushäuschen bedeutend mehr gröbere, buntere Schotter, als etwa bei Holzhausen, sodaß sich innerhalb derselben Terrasse ein Wechsel der Schotterfärbung einstellt, der durch das eingeschwemmte Material der Nebenbäche verursacht wurde. Bei Osenau in dem nördlichen Seitentälchen der Dhün nach Engstenberg zu, wo die sandreiche obere Stufe der Hauptterrasse erschlossen ist, und bei Uppersberg (südlich vom Punkt 145) läßt sich der Gegensatz zwischen den Schottern der tieferen Stufe, die weniger gerollt und nicht so stark braungelb verfärbt sind, z. B. bei Odental am Hahnenbergvorsprung, in 120 m beobachten.

An der Sülz fiel die helle Gesamtfärbung der quarzreicheren tieferen Stufe gegenüber den flachen, gelbbraunen bis graugelben oft mit einer Eisenschicht überzogenen höchstens 5% Gangquarz zeigenden höheren Schottern auf. Der Quarzreichtum wird mit dem Ausraum tertiärer Schichten im Zusammenhang stehen.

Knuth beschreibt (1922, 92) die Vorkommen der beiden Stufen an der Sieg, wo sie in ungestörter Lagerung in 170 m und 180—185 m auftreten. Auch hier sind die Terrassenreste z. B. bei Umschoß dem Rheintal zu sehr sandig. In der Siegburger Umgebung findet sich die zertalte Terrasse von Umschoß bis Halberg hin, z. T. auf Devon und z. T. auf Basalten liegend. Östlich von Rothenbach findet sich die Unterkante der Terrasse in alttertiären Kiesen in ca. 150 m NN., während die Aggerschotter sich

von Algert nach Wielpütz in 158 m und in gleicher Höhe nach Oberscheid und Münchhof hinziehen und dem devonischen Rumpfgebirge aufliegen. Die altdiluviale Sülzmündung ist nachweisbar bei Oberlüghausen und Vollberg. Zur jüngeren Hauptterrassenzeit floß sie, ihrem heutigen Lauf entsprechend, nach S. zu, wobei sie vermutlich einer Störung folgt.

Die Aggerhauptterrasse scheint auf die Oberkante der ungestörten Rheinstufe bei Bonn eingestellt zu sein, wie auch Knuth seine Sieghauptterrasse auf die rheinische Oberkante bezieht. Der Geländestreifen westlich der Pleisbachstörung, die sich nach N. die Sülz entlang fortsetzt, sank zum Rheintal hin um 15 m ein. Zwar liegen einzelne Schottervorkommen auf den widerständigen Basalten höher und stören dadurch die Vorstellung von der Erhaltung und dem Absinken randlicher Schollen im Siegburger Gebiet. Größere Sandmassen der Nebenflüsse stellen sich im allgemeinen westlich der Störung Seligental-Kohlscheid ein.

Es fallen an Agger und Sülz außer der breiten Hauptterrasse Einebnungsflächen in über 170 m auf, deren Entstehungsursache durch Untersuchung der gut ausgebildeten Aggerterrassen geklärt werden könnte.

Die Pleisbachstörung veranlaßte im südlichen Teil des Blattes Siegburg nach Knuth (1922) die Zweistufigkeit der Hauptterrasse der Sieg. Auch im weiter nördlich gelegenen Gebiet können, wie die beigefügten Profile Nr. 1 und Nr. 2 vom Wenzelnberg zum Kellerhausberg darlegen, tektonische Störungen vor Ausbildung der zweiten Stufe in genetische Beziehung zu dieser treten. Doch lag dieser Verwurf westlich der erhaltenen Talbodenreste. Die Störungen, die an der Wupper die Abtrennung einer tiefer als die bergische Randterrasse gelegenen Stufe hervorriefen, lagen gleichfalls westlich der tieferen altdiluvialen Schotterreste. Es liegt nahe, diese vielleicht als obere Mittelterrasse aufzufassen, doch weist die Unterkante derselben bei Bonn 90—98 m Höhe auf. Die Oberkante, die für die Einordnung der Terrassen besonders am Rande des Talbodens, wo derselbe ansteigt, wichtig ist, ist unbekannt. An den Nebenflüssen scheint die obere Mittelterrasse (vergl.

Knuth) zu fehlen. Die hier erwähnte Stufe ist aber auch an den Nebenflüssen ausgebildet. Es ist daher den vorläufigen Ergebnissen nach eine jüngere altdiluviale, etwa 15 m tiefer liegende Stufe von der eigentlichen Hauptterrasse zu trennen.

Über der bergischen Randterrasse gelegene schotterlose oder -arme Stufen, die wohl ebenfalls der Hauptterrasse angehören, wurden vor allem an der Wupper bis zu 140 m derselben einbezogen. Das entspricht den Verhältnissen weiter im N wo nach Breddin die Hauptterrasse am Grafenberg in 98—120 m Höhe liegt, und die Fortsetzung der bergischen Randterrasse bildet. Ältere diluviale Kiese liegen auf Blatt Mettmann in 150—170 m, sowie sehr gebleichte Kiese in 185 m über NN (S. 407, 425).

Das Fehlen der beiden Stufen der Rheinhauptterrasse im südlichen Teil des behandelten Gebiets wird durch die starke Ausräumung der Zuflüsse zu erklären sein.

Ein besonderes Interresse verdient die Störung, die von Imbach bis n. Leichlingen verläuft und die die rechts der Wupper gelegenen beiden Hauptterrassen um 10 m gegenüber denen der linken Seite verwirft (vergl. die Karte und die Profile 1, 2).

Auffallend ist ferner die Tiefenlage des Forsbacher Vorkommens gegenüber den Sülzterrassen. Dasselbe liegt mit 135 m Unterkante etwa 25 m unter der Auflagerungsfläche der Sülzterrassen bei Oberlüghausen (158 m), mit der Oberkante, auf die die Sülzterrasse zu beziehen ist, mit 145 m etwa 13 m tiefer. Die bergische Randterrasse findet sich demnach hier schon in gestörter Lagerung.

Eine Hauptstörung, deren genauen Verlauf erst die geologische Spezialkartierung ergeben kann, zieht sich von SO bis NW von Seligental vor dem morphologischen Rand der bergischen 200—250 m-Hochfläche ungefähr über Rösrath, Bergisch-Gladbach, Osenau, Romberg nach Kohlsberg a. d. Wupper hin. Nördlich der Dhün teilt sie sich in verschiedene Verwerfungslinien. Es liegt nahe, die N-S Richtung der Wupper von Leichlingen nach Opladen, sowie der Sülz von Rösrath nach Donrath mit derselben in Verbindung zu bringen. Die Störung Imbach—Edelrath bedingt aber nicht die Zweistufig-

keit der Hauptterrasse, sie verwirft beide Stufen. An den Zuflüssen ist eine untere Stufe, meist eine Erosionsstufe, in die eigentliche Hauptterrasse eingeschnitten.

An dem diluvialen Alter der beiden Stufen ist wegen des Vorkommens grober Triftblöcke nicht zu zweifeln. Die bergischen Zuflüsse lagern in einer rel. Höhe von 100 m bzw. 115 m im S und 45 m bzw. 60 m im N in großer Mächtigkeit trichterförmig ihre Schotter und Sande den rheinischen Stufen auf. Morphologisch ist die flächenhaft ausgebildete obere Stufe der Hauptterrasse die bedeutendere, während der zweiten Stufe eine mehr untergeordnete Formgebung im Landschaftsbild zukommt. Den geologischen Altersbeweis, den die Beziehungen zur Glazialzeit ergeben, liefern die Forschungen in den nördlich anschließenden Gebieten. Die bergische Randterrasse setzt sich nach N am Abfall des Gebirges bis Duisburg hin fort, wo sie in zirka 80 m NN ausgebildet ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen Wunstorfs, der die Kiese in 90 bis 160 m nö Düsseldorf der Hauptterrasse zurechnet, sind mit den Verhältnissen südlich der Wupper nicht zu vereinigen, wo die eigentliche „Hauptterrasse" die 140 m-Linie nicht zu übersteigen scheint. Linksrheinisch haben u. a. Steeger (1913, 1924) Fliegel, Bärtling, Wunstorf, Wildschrey die Beziehungen der Hauptterrasse zur Glazialzeit erforscht.

Die Einordnung in die bisherigen Forschungen ergibt, daß am Niederrhein stellenweise gleichfalls eine Zweistufigkeit der Hauptterrasse ausgebildet ist (Steeger 1913). Auch Wunstorf weist auf eine tiefere Stufe zwischen Düsseldorf und Duisburg hin. Brandt und Jaekels Zwischenstufen bei Hilden sind vielleicht der unteren Stufe zuzurechnen. In der Gladbacher Kalkmulde ist die Hauptterrasse von Fliegel (1914) als einheitliche Bildung aufgefaßt worden, doch fallen auf Blatt Hitdorf (Erl. 1916, 19, 5), die als älteste Mitterrasse bezeichneten Kiesvorkommen auf, die die zweite Hauptterrassenstufe von 88 m am Kellerhausberg darzustellen scheinen. Eine obere Mittelterrasse liegt dagegen bei Haus Vorst in

76 m Unterkante. Die weiter nördlich gelegenen 80—90 m-Stufen der Hildener Heide können der Höhenlage wegen nicht dieser tieferen Terrasse entsprechen.

An der Sieg hat Knuth (1922) die beiden ungestörten Stufen in 170 bzw. 180—185 m festgestellt. Die gestörte Stufe liegt bei Roleber im 145 m und entspricht der tieferen Stufe. Jungbluth (1917) fand die eigentliche Hauptterrasse als einheitliche Stufe bei Bonn in 158—167 m und eine von dieser zur niederrheinischen Bucht hin abgesunkene als Kreuzbergstufe bezeichnete in 140—145 m Höhe.

Nach Knuth (1922 S. 72) ist die Schotteroberfläche der unteren Sieghauptterrasse auf die Oberfläche der rheinischen Hauptterrasse eingestellt. Eine Verwerfung von etwa 15 m am Pleisbach zwang die Sieg ö. der Störung sich bis zu einer Unterstufe der Hauptterrasse einzutiefen. Im südlichen Teil des behandelten Gebiets ist aber nur eine Stufe der Hauptterrasse in geringen Resten vorhanden. Von der Dhün an liegt nordwärts eine zweite Stufe etwa 10—15 m tiefer. Diese kann nicht etwa eine Bruchstufe sein, die von der höheren Stufe abgesunken ist, denn am Spürklenberg zieht sich, wie schon erwähnt, die jüngere Stufe nach drei Seiten auf dem Leichlinger Sporn um das Vorkommen der höheren Hauptterrasse in das Wuppertal hinein. Jm S fällt die tiefe Lage der Hauptterrasse auf. Sie entspricht der gestörten Stufe bei Bonn. Die zweite Stufe im N ist aber nicht etwa die obere Mittelterrasse, denn sie läge an der Wuppermündung so hoch wie bei Bonn (90 m). Die höhere Stufe, die bergische Randterrasse, ist die eigentliche Hauptterrasse, auf die sich die Hauptterrasse der Nebenbäche auflegt. Die 10—15 m tiefere Stufe ist auch an den Zuflüssen des Rheins mehr als Erosionsstufe denn als Schotterterrasse ausgebildet und von untergeordneter morphologischer Bedeutung. Es herrschen somit am Ostrand der Kölner Bucht ähnliche Verhältnisse wie an der Sieg (Knuth 1922) und an der Ruhr (Steinmann 1925).

IV. Die Erosions- und Denudationsstufe zwischen der Haupt- und Mittelterrasse.

Der mehr oder weniger flache Hang zwischen der Haupt- und der unteren Mittelterrasse entspricht ganz den steilen Hängen zwischen den beiden Terrassen im Rheinengtal. In den weicheren Tertiärschichten ist der Böschungswinkel natürlich wesentlich flacher. Wo jedoch Devonschichten an die Mittelterrasse herantreten, wird er steiler, wie z. B. auf der Forsbacher und Troisdorfer Scholle. In den Ausraumgebieten von Siegburg, Wahn und Bruchhausen, sowie in der Gladbacher Kalkmulde ist die Neigung des Erosionshanges besonders gering; der Hang ist hier in den lockeren Tertiärbildungen durch Abtragungsvorgänge stark nach O. zurückverlegt worden. Es schiebt sich sogar zwischen die bergische Randterrasse und den Gleithang mitunter eine Abtragungsfläche ein, da hier die Meeressande bis zur zersetzten tonigen alttertiären Landoberfläche ausgeräumt wurden. Die Denudationsfläche stellt sich besonders deutlich bei Forsbach, auf den 100—110 m-Höhen zwischen Bensberg und Nittum und bei Leichlingen ein.

Diesem Ausraumgebiet gehören der ö. Teil der Siegburger Bucht an. Ö. dieser Stadt stehen helle Sande und Tone an, die von Basalten und Basalttuffen an verschiedenen Stellen durchsetzt sind.

Besonders interessant ist das Wahner Gebiet. Auserodiert wurde das von 70 m auf 90 m nach O. ansteigende Tongelände, die nördliche Heide und der landschaftlich eigenartige kahle sumpfige, sich n. anschließende Wahner Schießplatz, der zunächst von einem Dünenkranz umgeben wird, an den sich in einem nach N. offenen Halbkreis z. T. bewaldete Kieskuppen sowie Quarzit- und Devonhöhen, die Wahn-Troisdorfer Randhöhen, anlegen. Die Höhen nähern sich der 130 m-Linie. Die Abtragung ist jünger als die Hauptterrasse, da diese ehemals die Wahner Heide bedeckt haben. Es stehen im Wahner Ausraum und seiner Umrahmung heute noch die Kiese eines pliozänen Rheins, die Quarzite des Fliegenberges, und die Devonerhebungen von Altenrath an.

Der Rhein scheint zur Zeit der oberen Mittelterrasse über den Kohleberg bei Spich hinweg (auf dem bunte Rheinschotter liegen) nach O. um den Telegrafenberg in einer Ausbiegung nach O. ge-

flossen zu sein; er hat dabei das höher gelegene Tertiärmaterial, das aus feineren Kiesen und Sanden mit kleineren Tonlagen bestand, ausgeräumt. Nachdem die schützende Kiesdecke, die oberflächlich die loseren Füllmassen der Bucht in diesem Abschnitt bedeckte, entfernt waren, war der Erosion und Abtragung ein Ansatzpunkt gegeben; daher ging bei weiterer Eintiefung des Rheins die Zerstörung des Geländes schnell vor sich. Der Devonhorst und die Quarzithöhen von Troisdorf hinderten dort die Wegräumung. Die Ursache der Erhaltung der einzelnen Randhöhen innerhalb der loseren Tertiärschichten war die schützende Kiesdecke, die die steileren Hängen gegenüber den flachen der Sand- und Tonschichten bildet. Auffallend ist die Ebenheit der inneren Abtragungsfläche.

Der südliche Teil des Wahner Schießplatzes liegt als eine trostlose öde Fläche vor uns. Zahlreiche alte Granattrichter zeigen den tonigen Untergrund. Die Wasserlachen werden nur von einer kümmerlichen Sumpfvegetation umstanden. Merkwürdig ist die Bifurkation des Scheuerbachs (der, nach Wahn zu fließend, in der Niederterrasse versickert) mit einem nach Lohmar zu sich wendenden Aggerzufluß, der sich zwischen dem Lohmar- und dem Ziegenberg, die beide aus Devon bestehen, durchzwängt. Die ehemalige Wasserscheide im Wahner Ausraum wurde bis zur flachen Tonoberfläche erniedrigt, was die Bifurkation ermöglichte.

Die Erosions- und Denudationsfläche legte die verschiedenen Tertiär- und Devonstufen frei. Dadurch wurde die Feststellung möglich, daß der Tertiärgraben nicht nur von O. nach W., sondern auch von N. nach S. in eine Reihe von Sonderstaffeln mit vorspringenden breiteren oder schmäleren Devonhorsten, die die Staffelschollen unterbrechen, zerfällt.

Der Troisdorfer Horst und die Scholle des Mergelsberges bei Forsbach beeinflussen die Morphologie der Landschaft, sie ragen als Höhengebiete auf. Im S. der Kalkmulde fehlt der Sockel aus oberoligozänen Meeressanden. Bei Forsbach und ö. Rothenbach liegen alttertiäre Quarzkiese, vermutlich eozänen Alters, auf der verwitterten präoligozänen Landoberfläche. Die nach Flieg el (1922) eozänen Kiese von Boxhohn und auf der Hohen Schanze in etwa 125 m Höhe weisen u. a. einzelne Feuersteine auf, die den eozänen Geröllen der Gladbacher Mulde fehlen. Die Schotter des Kohlenberges bei Spich (89 m) und des Seidenberges (Siegburg 118 m) enthalten dunkle Feuersteine und vulkanische Gerölle, besonders Basalte, die sonst in den eozänen und oligozänen Kiesen nicht vorhanden sind. Die Ablagerungen gehören deshalb wohl der postvulkanischen Phase an. Ob ein Teil der über den Tonen liegenden Kleinkiese und Sande der Miozänzeit angehört, ist fraglich. Die Kiese

vom Altenforst faßt Fliegel (1924) infolge ihrer groben Ausbildung als Randfazies der unterpliozänen Kieseloolithstufe auf. Dahin gehören dann z. T. auch die Kiese des Fliegenberges, da in ihnen gleichfalls Kieseloolithe, die hier als Leitgesteine gewertet werden können, gefunden wurden. Die eigenartige Kieseloolithstufe der Troisdorfer Randhöhen ist gegenüber dem hohen Talboden des mittleren Rheintals beträchtlich abgesunken. Die Braunkohlen führenden Tone des Kohlenberges sind wohl untermiozänen Alters. Ein Beweis für das eozäne oder oligozäne Alter der Ablagerungen auf dem Troisdorfer Devonhorst ließ sich nicht erbringen. In den Quarzitgruben am Südhang des Fliegenberges waren in den eigentümlichen eckigen quarzigen Schichten, in denen deutliche zerbrochene Quarzgänge vorhanden sind, schwarze, verkieselte Gesteine vertreten. Nach oben treten lehmig-tonige, verwitterte und zum Teil eisenverfärbte Bildungen auf. Die feuerstein- und basaltfreien Quarzkiese von Refrath in der Gladbacher Kalkmulde, die das verkieselte schwarze Gestein aufweisen, sind nach Fliegel (1914) eozänen Alters.

Der Refrather Ausraum befindet sich zwischen der Grube Katharina, Bensberg, Bergisch Gladbach und Paffrath innerhalb der Gladbacher Kalkmulde und des Erosions- und Denudationsstreifens zwischen der Bergischen Randterrasse und der unteren Mittelterrasse. Er ist eine ausgesprochene Kalkauslaugungssenke von großer Ausdehnung. In den Dolinen befinden sich Tone, Feinsande, Braunkohlen und Kiese, die als Einschwemmungen aus der alttertiären Verwitterungsrinde der Umgebung anzusehen sind. Die einzelnen Trichter liegen zerstreut zwischen den Kalkrippen in etwa 129 m im O. und reichen innerhalb des Kalkgebiets bis auf etwa 70—65 m im W. bei Kaule. Die durch Abtragung vielfach freigelegte präoberoligozäne Karstlandschaft besitzt ein wechselvolles Relief, das in der Tertiärzeit angelegt, in der Folgezeit noch verschärft wurde. Neben kleineren Verwerfungen wird eine Schrägstellung der präoberoligozänen Landoberfläche anzunehmen sein, die ein flaches westliches Einfallen zur niederrheinischen Bucht hin zur Folge hatte.

Kleinere Lichtungen wie die Refrather unterbrechen das Ödlandgebiet, das sich in einem langen Streifen von der Siegburger Bucht bis zur Münsterschen Bucht hinzieht und das durch Flugsand, z. T. aber auch die durch freigelegte, zersetzte altteriäre Landoberfläche gebildet wird. Dieser der Vegetation feindliche, aber immerhin abwechslungsreiche Gürtel des bergischen Landes trägt Heide, Sumpf, Fichten- oder Kiefernwald; nur zu Seiten der Talauen der Randflüsse findet sich Laubholz in Form von Galeriewäldern.

Nach der Dhün zu geht der Streifen in ein überwiegend von Decksand verhülltes Gelände, das mit Nadelholz aufgeforstet wurde, über; an dieses schließt sich ostwärts die 110 m hohe, beackerte, von oberoligozänen Meeressanden frei gelegte, aber lößbedeckte alttertiäre verwitterte Landoberfläche an. Wo diese südlich der Dhün an der 70—80 m Linie südöstlich Ophofen und bei Quettingen auftritt, wird sie von Bruchgebieten bedeckt, auf die nach O zu der Bruchhausener Ausraum innerhalb der oberoligozänen Meeressande folgt. Letztere sind wegen der Durchlässigkeit und der Armut an Nährsalzen die Ursache der von Xerophyten bewachsenen trockenen Heidelandschaft. Zwischen Heide- und Moorlandschaft legen sich hier und da Kulturgebiete, besonders wo Gehängeschuttbildungen und jüngere Anschwemmungen sich ausbreiten.

Nördlich der Wupper kehren die gleichen geologischen, hydrologischen und biologischen Verhältnisse in der Immigrather und Hildener Heide wieder. Die Heidegebiete dieses breiten Ödlandgürtels der Tertiär- und Diluvialsandgebiete werden von Kultur- und kleineren Sumpfgebieten des Landwehrer Ausraums, der bis zur alttertiären Landoberfläche in etwa 90 m Höhe herunterreicht, unterbrochen.

So eintönig sich auch der Ödlandstreifen als meist flaches Erosions- und Denudationsgebiet landschaftlich darstellt, so reizt er doch infolge seines mannigfaltigeren geologischen Aufbaues mehr zu einem Eindringen in seine morphologischen Verhältnisse als die Rheintalebene.

V. Die obere Mittelterrasse.

Der Hang von der bergischen Randterrasse zur unteren Mittelterrasse wird von vereinzelten Resten einer oberen Mittelterrasse unterbrochen. Diese entspricht Mordziols 4. Mittelterrasse und liegt im Neuwieder Becken 130 m hoch. Sie ist mit Steinmanns Hochterrasse am Rodderberg in 90—100 m (rel. 41 m) identisch. Am Kreuzberg liegt sie in 90 m (43 m).

Am Ostrand der Kölner Bucht tritt über der unteren Mittelterrasse fast nur an den Mündungen größerer Nebenflüsse eine obere Mittelterrasse auf.

Diese findet sich als dünne bunte Kiesbestreuung auf dem Kohleberg bei Spich in etwa 90 m, in derselben Höhe wie bei Bonn, vielleicht ist die Höhe des kleinen Steinbergs (90 m) als Rest des ehemaligen Talbodens aufzufassen. In der Gladbacher Kalkmulde

zeigt sich eine Schotterfläche bei Oberlückerath. Es stellen sich hier bei der Zinkhütte in etwa 86 m Höhe ca. 30 cm mächtige bunte Rheinschotter über Sanden ein, die östlich des Bahngleises bei Bensberg von bunten bergischen Schottern (Wildbachschottern Fliegels 1912) überdeckt werden. Bei Schlebusch am Weg nach Fettehenne finden sie sich bis zu 85 m hinter der Schule von Schlebusch aufgeschlossen (nicht zu verwechseln mit dem ersten Aufschluß hinter der Schule). Am Bahneinschnitt von Opladen nach Bergisch-Neukirchen ist sie in etwa 80—95 m erhalten, ebenso in der Ziegelei Friedenstal bei Imbach und am Bahneinschnitt bei Rulach in 76—80 m Höhe. Jenseits der Wupper setzt sie in etwa 76 m bei Haus Vorst und am Bahneinschnitt südlich Leichlingen ein. Auf Blatt Hitdorf wurde eine älteste Mittelterrasse in der Höhenlage von 80—90 m ausgeschieden, die z. T. aber die untere Hauptterrasse bildet. Auch hier am Westabfall des Bergischen wird wie am linksrheinischen Vorgebirgsrand die Unterscheidung durch die starke Lößdecke sowie die Flugsande sehr erschwert.

Die Zusammensetzung der Stufe ist recht wechselnd, da teils buntes bergisches teils quarzreiches rheinisches Material überwiegt. Die Mächtigkeit ist je nach dem Grad der Erhaltung der Stufe verschieden, im allgemeinen gering; sie schwankt zwischen 2 m und weniger dm. Die schlechte Erhaltung der Stufe ist auf den Ausraum der lockeren tertiären Ablagerungen zurückzuführen; auf dem Devon- und Tertiärsockel der Wuppermündung ist sie am besten erhalten.

In der Höhenlage und dem Gefälle schließt sie sich an die obere Mittelterrasse des Engtales an (vgl. das Längsprofil der Terrassen im Anhang). Rheinabwärts scheint sie sich der jüngeren Hauptterrasse zu nähern. Die obere Mittelterrasse hat auf Blatt Hilden etwa 70 m, auf Blatt Mettmann mit der Ober- und Unterkante etwa 65—77 m Höhe.

D. Die Rheintalebene.

Während die verschiedenen Stufen, die von der bergischen Hochfläche zur unteren Mittelterrasse absteigen, im Oberflächenbau des Ostrandes der Kölner Bucht meist so hohe Stufenabsätze aufweisen, daß sie auch dem flüchtigen Beschauer auffallen, zeigen die Schotterterrassen innerhalb der Kölner Bucht zwischen der Ville, dem Siebengebirge und dem bergischen Land nur geringe Höhenunterschiede, sodaß sie meist als eine Ebenheit aufgefasst werden.

I. Die untere Mittelterrasse.

Die 90—95 m-Terrasse des Neuwieder Beckens, Mordziols Pfaffendorfer Stufe (1908, 383), setzt sich nach den Untersuchungen Jungbluths (1916) bis Bonn in etwa 18 m rel. Höhe fort, wo sie in 65—72 m auftritt. Nach den Erläuterungen zu Blatt Brühl von Kaiser (1907) wurde sie hier und im anschließenden Blatt Frechen ausgeschieden. Westlich Köln bildet sie den Steilhang bei Müngersdorf. Knuth hat sie in einer rel. Höhe von 20—25 m an der Sieg aufgefunden. Unterhalb Bonn verbreitert sie sich beiderseits des Rheines. Fliegel (1912, 440, 43), verfolgt die tiefste Mittelterrasse bis westlich der Niers und läßt sie dann bei Xanten unter die jüngeren Flußablagerungen sinken; (vgl. auch das Profil von Wunstorf und Fliegel (1910). In der rechtsrheinischen Talebene der Kölner Bucht hat sich Fliegel (1912, 441) mit der Entwicklung der Mittelterrassen in dem Gebiet zwischen Wupper und Sieg befasst. Die untere Mittelterrasse zieht sich auffallend gradlinig vom Rande des Aggertals bei Troisdorf am Mauspfad entlang bis zur Wupper bei Opladen mit einem Steilrand von durchschnittlich 5—8, auch 10 m, der vereinzelt randlich durch Dünenzüge überhöht wird. Diese Richtung hält ein alter Rhein- und Siegarm von Troisdorf nach Rath-Heumar inne.

Der Außenrand der unteren Mittelterrasse ist als Steilhang im anstehenden Grundgebirge bei Troisdorf, am Steinberg, an der Dhün- und Wuppermündung erhalten. Wo er weniger deutlich ausgeprägt ist, wird er durch den am Anstieg meist auftretenden Flugsand kenntlich.

Bezüglich der morphologischen Ausbildung fällt im allgemeinen die Ebenheit der durch Flußsande bedeckten Taltreppenstufe auf, in der keine Rinnen oder Kolke mehr aufzufinden sind. Nur randlich setzen sich dem Steilanstieg einzelne Dünenzüge auf, die sich ostwärts verlieren und die z. T. Wasserlachen und kleine Sumpfgebiete umschließen. Vereinzelt wird die Ebenheit durch die Seitentälchen der Nebenflüsse, die ihre breiten Talauen in die Mittelterrasse eintieften, unterbrochen, vor allem an den größeren Nebenflüssen, deren Mittelterrasse sich in Resten an dem Talrand vorfinden, so an der Sieg bei Siegburg, der Agger bei Troisdorf und

Lohmar, der Sülz bei Menzlingen, der Dhün zwischen Freudental und Rothbroich, Edelrath und Schlebusch, oder der Wupper bei Rulach, Balken, Leichlingen und Horn.

Über die geologische Ausbildung der unteren Mittelterrasse geben die Kiesgruben am Terrassenaufstieg am Mauspfad, Schnellweide oder Schlebusch gute Aufschlüsse. Die Sand- und Kiesschichten liegen in deutlicher Flußschichtung, doch überwiegt vielfach der Sand. Eine obere durch Humussäure gebleichte Schicht tritt in Gegensatz zu den tieferen durch Brauneisen verfärbten schmalen Lagen. Die Bildungen gehen nach oben vielfach in eine dünne Lage geschichteter Sande und zuletzt in Dünensande über. Die Gerölle unterscheiden sich nicht wesentlich von denen der Hauptterrasse durch das Auftreten zahlreicher bunter Geschiebe. Die Devonschotter sind weniger verwittert als die der Hauptterrasse. Es zeigen sich viele weithergekommene Geschiebe. Nördlich von Spich können am Rand der Stufe Rutschungs- und Kolkerscheinungen beobachtet werden.

Die Mächtigkeit der Terrasse schwankt beträchtlich, sowohl von N nach S wie von O nach W zwischen 10—43 m (vgl. die Bohrungen, Fliegel 1922). Vielleicht spielt die Beschaffenheit des Untergrundes und die Lage der Bohrungen am Außenrand der Terrasse hierbei mit. Längs der Nebenflußtäler liegt die untere Mittelterrasse z. T. auf einem Sockel von anstehendem Grundgebirge, so an der Wupper bei Leichlingen und Horn.

Im Landschaftsbild tritt die Terrasse als meist sandüberdeckter Ödlandstreifen mit Kiefernwaldungen, Heide und Sumpfgebieten auf. Dieses Ödland schließt sich an den westlichen Teil der sandreichen Erosions- und Denudationsstufe an. Breitere Lichtungen treten in den lehmreichen Auen der Seitentäler auf. Die rechtsrheinische Mittelterrasse steht somit in auffallendem Gegensatz zu der lößbedeckten, fruchtbaren linksrheinischen Mittelterrasse der Kölner Bucht.

Der Wahner Ausraum wird im NO zwischen Spich und Ellerfeld von der hier 60—80 m hohen unteren Mittelterrasse begrenzt, die noch den nördlichen und westlichen Teil der sog. Wahner Heide trägt. Den inneren Dünenkreis des Ausraums schließen die bei Wahn am Anstieg der Nieder- zur Mittelterrasse sich auflegenden, aus braungelben diluvialen Flugsanden gebildeten Dünen im N ab, die sich von den südlichen Dünen, die aus meist hellen Tertiärsanden bestehen, deutlich unterscheiden. Wie die bedeutende Mächtigkeit der unteren Mittelterrasse bis zu 75 m im Ostteil ihres Verbreitungsgebiets auf der Wahner Heide gegenüber etwa 37 m

weiter westlich und selbst 10 m im N (vgl. Fliegel, Bohrungen 1922) zustande gekommen ist, ist noch nicht näher untersucht.

Ein Längsstreifen aus diluvialen Sanden legt sich auf den Ostteil der beim Mauspfad ansteigenden von 60 m im S auf 50 m im N sich senkenden unteren Mittelterrasse; er trägt den künstlich angelegten nadelholzreichen Königsforst, in den sich die Talfurchen der bergischen Bäche bei ihrem Bestreben, die Erosionsbasis, die Niederterrasse, zu erreichen mit deutlichem Geländeabsatz einschnitten. Von den Seiten herbeigeschwemmter lehmiger Sand bedeckt den Talboden der Bäche und läßt einen ziemlich breiten Laubwaldstreifen zu ihren Seiten entstehen. Nur selten wird die Einförmigkeit der hier vermutlich auf alttertiärem undurchlässigem Sockel ruhenden unteren Mittelterrasse durch kleine Bruchgebiete, wie das Rabenbruch, unterbrochen. Nach O zu liegt diese Terrasse wahrscheinlich dem Grundgebirge auf und trägt vor dem Erosionssteilrand zu dem Steinberg hin eine Reihe von weiteren Bruchgebieten. Ein ausgedehnter Sumpfgürtel findet sich auch noch in etwa 120 m Höhe bei Forsbach und in 110 m bei Berg.-Gladbach auf der tonreichen, zersetzten, alttertiären Landoberfläche.

So zieht sich der Ödlandstreifen von der Erosions- und Denudationsstufe bis auf einen Teil der unteren Mittelterrasse hinab und umfaßt somit auch den östlichen Teil der Rheintallandschaft; auf den Devonhorsten ist er als schmälerer, in den Tertiärgebieten als breiterer von SSO nach SSW sich hinziehender Längsstreifen am bergischen Land ausgebildet.

II. Die Niederterrasse.

Auf die schnelle und starke Austiefung zur Zeit der unteren Mittelterrasse und bei der folgenden schwächeren zur Zeit der Niederterrasse machte sich wieder die verschiedene Widerstandskraft der einzelnen Gesteinsarten in der Ausweitung der Kölner Bucht im Gegensatz zu der rel. schmalen Ausbildung der Engtalstrecke innerhalb des Schiefergebirges geltend, obwohl die Niederterrasse unter den Terrassenresten des tieferen Engtals als besterhaltene flächenhafte Stufe auftritt. Jungbluth (1916, 85) verfolgte sie von Bonn aus, wo sie in 50—60 m rel. 14 m Höhe liegt stromaufwärts in einer rel. Höhe von 10—15 m bis zum Neuwieder Becken, wo sie mit Mordziols tiefster Mittelterrasse in 70 m, die hier weite

Strecken einnimmt, zusammenfällt. Es scheint, als ob auch dieser Terrasse eine regionale Bedeutung zukommt.

Sie ist in zwei Stufen ausgebildet. Die oben erwähnten Zahlen beziehen sich auf die obere Niederterrasse.

1. Die obere Niederterrasse.

Am Niederrhein hat Fliegel (1910, 143) die Doppelstufigkeit der Niederterrasse in der Gegend von Niederkassel (Blatt Wahn) und auf Blatt Mülheim erkannt. 1912 hat er die Zweiteilung bis zur Wupper nachgewiesen. Weiter rheinabwärts konvergieren die beiden Stufen der Niederterrasse, bis sie sich zuletzt nicht mehr auseinanderhalten lassen. Nur im Tal der Yssel vermochte Fliegel sie noch zu unterscheiden.

In der rechtsrheinischen Kölner Bucht fällt der Gegensatz zwischen der breiteren fruchtbaren beackerten Talebene und dem meist bewaldeten Ödlandstreifen der unteren Mittelterrasse auf.

Die Niederterrasse ist im Gegensatz zur unteren Mittelterrasse mit fruchtbaren Auelehmen und lößähnlichen Bildungen bedeckt, die hier eine recht ertragreiche Kulturlandschaft hervorriefen. Lokal treten auch auf der Niederterrasse z. B. bei Langel, nordöstlich Mülheim und östlich Leverkusen Dünen auf.

In der morphologischen Ausbildung zeigen sich weitere Unterschiede zu der unteren Mittelterrasse, indem in der höheren Niederterrasse zahlreiche Rinnen und Kolke auftreten, die mit der Wasserabnahme zur Zeit nach der Auffüllung der Terrasse in Zusammenhang stehen. Damals bildeten sich die vielen Rheinarme aus, die noch im heutigen Landschaftsbild deutlich in die Erscheinung treten. Der Fluß löste sich in mehrere Arme auf, die ihren Lauf wechselten. Sie stellen sich oft plötzlich ein, fließen zusammen und gabeln sich wieder. Ihre unebene Talsohle ist z. T. wasserlos, nur bei Hochfluten des Rheines werden die dem Fluß nahegelegenen Rinnen durch Rückstauung des Grundwassers mit Wasser gefüllt. In einzelnen Rinnen sind Bruchgebiete, z. B. das Linder Bruch, entstanden. Der Fluß veränderte seinen damaligen Lauf, indem er sich selbst ein Hindernis in Form größerer Geschiebe an der Abzweigung baute, sodaß der Arm allmählich verstopft wurde und die Hochwasser nur feinen Schlamm hineintrugen. Hierdurch wird auch die Neigung zu Bruchbildung erklärlich. Die bis zu 10 m breiten Auskolkungen der Strudel des damaligen Flusses erfolgten häufig reihenförmig und reichen bis zu 5 m Tiefe.

Die Schotter der Niederterrasse zeigen eine größere Mannigfaltigkeit als die der älteren Terrassen. Die Aufschlüsse, z. B. zwischen Deutz und Westhofen, zeigen einen größeren Prozentsatz bunten Materials: vulkanische Gesteine diluvialen Alters, tertiäre Kalksteine treten zu den vorherrschenden Devongeschieben. Die Schotter setzen mehr den Untergrund zusammen, oberflächlich treten meist Sande und Lehme als ehemalige Hochflutbildungen auf. Die Bildungen sind oberflächlich entkalkt, in größerer Tiefe soll sich nach Zimmermann (Erl. zu Bl. Hitdorf 1916. 12) ein nicht unbedeutender Kalkgehalt erhalten haben. In unserem Gebiet ist das Liegende der Terrasse nicht aufgeschlossen. Die Terrasse reicht bis unter das heutige Rheintal, doch ist nicht festzustellen, ob die Erosion zwischen der unteren Mittelterrasse und der Niederterrasse die erstere gänzlich entfernt hat.

Auf den Aufschluß bei Holweide, der die Auflagerung der Niederterrasse auf die Mittelterrasse zeigt, hat Fliegel (1912, 444) bereits aufmerksam gemacht. Die Erosionsdiskordanz und Blockanreicherung ist dort zwischen den beiden selbständigen Aufschüttungen deutlich wahrnehmbar.

2. Die untere Niederterrasse.

Der die beiden Stufen trennende Steilrand fehlt nur dort, wo die obere Niederterrasse unmittelbar an den Rheinlauf heranreicht, oder wo einmündende Nebenbäche und alte Rheinrinnen dieselben unterbrechen. Der Höhenunterschied beträgt im allgemeinen 4—5 m.

Der Aussenrand der unteren Niederterrasse verläuft von Mondorf über Niederkassel, Langel, Westhofen, Höhenberg nach Wiesdorf. Sie ist fast überall von Hochflutlehm bedeckt und zeigt die Auswehung des Sandes aus dem frei liegenden alluvialen Rheinsand in verkleinertem Nachbild zur spätdiluvialen Sandverwehung, die unser rechtes Rheintalrandgebiet so sehr gegenüber dem fruchtbaren linksrheinischen Gebiet benachteiligt.

Die alten Rheinarme in der oberen Niederterrasse entstanden während der Eintiefung des Rheines in die untere Niederterrasse.

Die untere Stufe der Niederterrasse verzweigt sich von der oberen unweit der Mündung der größeren Zuflüsse. Die obere Niederterrasse der bergischen Flüsse reicht etwas weiter flußaufwärts, so an der Wupper bis Horn, wo in der Talaue noch eine etwa $1^1/_2$—2 m betragende Erhöhung erhalten ist; an der Dhün bis in die Gegend von Scharrenberg, so daß die Talaue, die über einer an der Agger bei Hofer Mühle, an der Dhün bei der Bachemer Mühle erschlossenen über 5 m hohen Anhäufung flacher Bachgeschiebe

liegt, nach O. zu der oberen Niederterrasse des Rheines gleichkommt, in die sich die heutigen Zuflüße des letzteren einzuschneiden bestrebt sind.

So ist die Zweistufigkeit noch eine Strecke weit in die Nebenbäche hinein zu verfolgen, auf dem linken Siegufer bis ö. Hennef. Sie verliert sich dann und wird weiter flußaufwärts auch hier durch die Talaue innerhalb der unteren Mittelterrasse vertreten. Kleine Seitenbäche konnten sich allerdings nicht so schnell auf die Erosionsbasis, den Rhein, einstellen und münden mit Gefällsknick in die größeren Zuflüsse.

Inwieweit Hochwasserstau den Steilrand zwischen den beiden Niederterrassen beeinflußte, kann infolge der Rheinregulierung schwer nachgewiesen werden. Das Hochwasser von 1920 setzte noch Teile der unteren Niederterrasse südlich von Kalk unter Wasser. Jungbluth (1916, 92) hat der unteren Stufe den Namen Inselterrasse gegeben, da der stetige, langsame Abfall der Inselhöhen zeige, daß sämtliche Inseln Erosionsrelikte des gleichen geologischen Horizontes seien, der im allgemeinen südlich Bonn 5—9 m über dem Rheinmittelwasser liege. In unserem Gebiet liegen das Kemper Werth an der Siegmündung 51 m, Herseler Werth 49 m, Rheidter Werth 49 m hoch. Die erste und dritte Insel sind künstlich verlandet worden. Die rel. Höhe schwankt zwischen 4—6 m.

Die Mächtigkeit der Terrasse ist eine stark wechselnde. Sie beträgt nach Bohrung 11 (Fliegel 1922) auf Bl. Mülheim 38 m, nach Bohrung 18 auf Bl. Hitdorf 14 m, in Bohrung 17 sogar nur 12 m, im allgemeinen aber 20—30 m.

In der Zusammensetzung der beiden Stufen ist kein Unterschied zu bemerken. Es kommen alle Gesteine des Rheinsystems vor. Diese sind weniger verwittert als die älteren Gerölle. Die Bimssteindecke auf der unteren Stufe im Neuwieder Becken verrät, daß ein Auswurf vulkanischer Massen aus dem Laacherseegebiet nach Ausbildung der unteren Niederterrasse einsetzte.

Über die Entstehung der tieferen Stufe schreibt Fliegel (1912, 414): „Es liegt kein Grund vor, daß dieselbe eine selbständige Aufschüttungsterrasse ist, er habe vielmehr den Eindruck, daß sie durch Erosion aus der höheren entstanden sei, doch bleibe zu beachten, daß beide Niederterrassenstufen eine Decke von Hochflutbildungen tragen, die östlich und westlich des beschriebenen Steilrandes nicht altersgleich sein können. Die Deckschichten der tieferen Talstufe müßten genau genommen wohl schon als Alluvium bezeichnet werden."

Bis jetzt hat sich in unserem Gebiet die Frage nach der Entstehung der Terrasse nicht endgültig beantworten lassen. Im Gegensatz zu Fliegel, der sie als Erosionsstufe anspricht, hat

Jungbluth sie als selbständige Aufschüttungsterrasse aufgefaßt. Derselben Ansicht sind Hug (1909, 214) und Mordziol (1916, 38), da die untere Niederterrasse von der oberen durch einen ca. 16 m hohen Steilhang in devonischem Gestein getrennt ist.

Prof. Philippson sieht in dem Anstieg der unteren Niederterrasse zur oberen Niederterrasse eine Hochwasserkante. In der Kölner Gegend, südlich Deutz-Kalk, ist die untere Niederterrasse 1920 vom Hochwasser noch teilweise überdeckt worden.

In die untere Niederterrasse, der zeitlich die alten Rheinarme innerhalb der oberen Niederterrasse einzuordnen sind, hat sich der Rhein ein verhältnismäßig schmales alluviales Bett eingegraben. Auch die bergischen Bäche und Flüsse zeigen ein Stadium erneuter Tiefenerosion an.

E. Löss und Flugsande in der rechtsrheinischen Kölner Bucht.

Löß findet sich in unserem Gebiet zwischen Sieg und Wupper einmal auf der Hauptterrasse und der tieferen Hochfläche z. B. zwischen Sieg und Agger bei Braschoß und auf dem linken Sülzufer, in der Gladbacher Kalkmulde bei Herkenrath, Spitze, Kaltenbroich und auf dem Riedel von Berg.-Gladbach nach Romaney. Aufschlüsse zeigte der Eingang ins Schladetal, das Strunderbachtal und die Kiesgrube bei Dürscheid in 200 m Höhe. In der Ziegelei östl. Berg.-Gladbach liegt der Löß der Hauptterrasse auf. Weiter südl. stellt er sich bei Küchenberg ein und überdeckt von der Dhün an bis zum Murbach hin die bergische Randterrasse wie die Riedel der randlichen Hochfläche. Auf dem linken Wupperufer legt sich Löß den Hauptterrassenresten von Wietsche und Bergerhof auf, nördl. der Wupper der Fläche von Auf der Höhe. In tieferer Lage stellt sich Löß im Dhüntal bei Edelrath, westl. Schlebusch auf der unteren Mittelterrasse sowie im Wuppertal auf der unteren bis oberen Mittelterrasse bei Imbach und östl. Leichlingen ein. Der Aufschluß im Knechtsgraben neben der Ziegelei Friedenstal, nordöstlich Opladen, zeigt etwa 2 m der oberen Mittelterrasse, vorwiegend bergische Schotter, die höchstens 3% Quarze führen und mit helleren und dunkleren Sanden in deutlicher Diagonalschichtung wechsellagern. Es findet sich z. T. verschwemmter Meeressand vor. Einzelne Schichten sind stark braun gefärbt. Über den Kiesen liegt eine Schicht geröllgespickter Lehme, dann sandiger Lehm, Löß und Sand in etwa 1 m Mächtigkeit wechsellagernd. Dann erst folgen 6—7 m Löß. Unter einer 0,80 m-Deckschicht liegt je etwa 3 m heller und dunkler Löß. Die entkalkte untere Schicht

muß einer älteren Stufe entsprechen. Die Schotter liegen etwa in etwa 76—78 m Höhe.

Der bis zu 110 m Höhe reichende Aufschluß der Tilmann'schen Ziegelei nördl. Berg. Neukirchen weist 8 m Löß auf, der nach Mitteilung des Besitzers bis 20 m Mächtigkeit erreichen und einer dünnen Kiesschicht von 0,20 m und weißen (obercligozänen) Sanden aufliegen soll. Die obere Verlehmungsgrenzzone geht in etwa 2 m helleren Löß über, der in den oberen Teilen stellenweise etwas Schichtung zeigt, sodann in eine rel. schmale Lage geschichteten dunkleren Lößlehm und in helleren ungeschichteten Löß über. Es sind somit zwei Lößstufen ausgebildet, die hier vermutlich den beiden Stufen des jüngeren Löß entsprechen.

Das Vorkommen von echtem Löß auf der Niederterrasse ist zweifelhaft und sein Fehlen wegen der Hochflut erklärlich. Die Lößzone liegt somit im östlichen Teil des behandelten Gebiets.

Als Deckschicht sind außer Löß am rechtsrheinischen Geländeanstieg bis zur tieferen Hochfläche in etwa 200 m in auffallend beträchtlicher, aber unregelmäßiger Verbreitung Sande abgelagert worden, deren Entstehung und Beziehung zum Löß umstritten wird. Löß und Sande schließen sich in ihrer Verbreitung aus. Der Sand geht aber allmählich in den Löß über. Letzterer reicht ostwärts bis auf die tiefere Hochfläche, während die Sande sich an den Abfall des Geländes zum Rheintal halten. Hier liegen z. B. bei Franzhäuschen an der Zeitstraße nach Siegburg hin Sande im Bereich der Hauptterrasse, auf den Troisdorfer Höhen, am Anstieg des Mergel- und Tüttberges, bei Meisheide, südöstlich Bensberg bis zur Grube Weiß in 225 m hin. Sie fehlen im Gebiet zwischen Dhün und Murgtal, stellen sich aber wieder zu Seiten der Wupper ein. Bei Eickenberg füllen sie etwa 9 m mächtig das bei Hasenmühle abzweigende nördliche Seitental der Wupper auf; sie sind in der Tiefe geschichtet. Deutliche Schichtung besitzen sie südlich von Leichlingen an der 30 m-Linie bei Brückerfeld. Dicse beiden Aufschlüsse finden sich am Hang ein; die Schichtung kann hier durch Gehängerutschung erfolgt sein.

Die Hauptverbreitung zeigen die Sande auf der unteren Mittelterrasse und den Ödlandstreifen der Erosions- und Denudationsstufe, vor allem am Innen- und Außenrand der tieferen Mittelterrasse, denen sich stellenweise Dünenzüge auflegen. Die Niederterrasse ist lehmreicher an ihrer Oberfläche, nur lokal treten sandreiche Stellen und Dünen, z. B. bei Leverkusen und westlich Dünnwald sowie bei Langel auf; auch hier sind diese besonders an den Steilrand zur tieferen Terrasse gebunden.

Im alluvialen Tal ist zu beobachten, wie auch in der Jetztzeit noch die Sandanhäufung durch den Rheinstrom und die Umlagerung durch die Winde südlich Köln beim Fischerhaus vor sich geht.

Die Aufschlüsse in der unteren Mittelterrasse bei Holweide südlich des Bahnhofs Schlebusch und Opladen lassen an einigen Stellen eine meterstarke geschichtete untere Abteilung von der ungeschichteten oberen erkennen. Es ist aber zu berücksichtigen, daß die Mittelterrasse vielfach sandreicher ausgebildet ist als die Hauptterrasse. Die oberen ungeschichteten Sande auf der unteren Mittelterrasse sowie dem Ödlandstreifen und der Anstieg zur tieferen Hochfläche sind infolge des Mangels an Schichtung oder Geschieben als äolische Bildungen anzusehen. Auf den Terrassen kommen Fluviatil- und Flugsande übereinander vor. Auf der Erosionsstufe und vor Steilrändern handelt es sich in der Hauptsache um Flugsande und nur vereinzelt wie bei Brückerfeld (Leichlingen) oder Eickenberg um lokal herabgeschwemmte Bildungen.

Das Fehlen der geschichteten Decksande auf großen Gebieten der unteren Mittelterrasse westlich von Köln spricht auch dafür, daß sie keine selbständige Bildung einer großen Überflutung darstellen.

Das Material der Sande ist je nach der Herkunft verschieden. Die weißen Dünen im Süden des Wahner Schießplatzes sind aus tertiärem Sand aufgebaut, die übrigen vorwiegend aus diluvialem Flußsand, der umgelagert wurde.

Die vorwiegend herrschenden W.-NW.-Winde werden die fluviatilen Sande zwar schon den jeweiligen Terrassenstufen, die in der Glazialzeit vegetationslos waren und in den Zeiten einer neuen Tiefenerosion bei Verkleinerung des ehemaligen Flußbetts frei lagen, entnommen haben. Sicherlich ist auch das anstehende Sandmaterial älterer Terrassen durch den Wind umgelagert und lokal aufgehäuft worden. Es ist aber nicht wahrscheinlich, daß dieses in den späteren Erosionsphasen noch erhalten ist. Vielleicht vermag die wechselnde Ausbildung der Dünen- und Flugsande zur Klärung der Altersfrage beizutragen.

Die heutige Verbreitung der Flugsande und Dünen hängt eng mit der kiesigen oder sandigen Ausbildung der jeweiligen Terrassenstufe zusammen, der sie auf- oder an einen nach O. sich anschließenden Hang angelagert sind. Die sandreiche untere Mittelterrasse wird zum größten Teil als Ursprungsgebiet der Deckschichten des Ödlandsgürtels östlich der Mittel-

terrasse aufzufassen sein, also des Heide- und Waldstreifens, der meist randlich kahle oder aufgeforstete Dünenlandschaften trägt. Es liegt nahe, die Dünenbildung am westlichen Rande der Mittelterrasse mit der Trockenlegung von Sandschichten der Niederterrasse beginnen zu lassen.

Das Lößmaterial soll nach der am weitesten verbreiteten Anschauung dem Moränenmaterial entnommen sein, nach Ansicht einzelner (Mordziol) den Flußbildungen. Auf dem Kuckesberg bei Hilden liegen die Sande auf dem Löß. Eine Wechsellagerung von Sand und Löß ist in unserm Gebiet äußerst selten und stellt sich meist an Gehängen (z. B. w. der Grube Weiß), also in einer Lagerung ein, die nicht nachweisbar primär ist. Im Gebiet zwischen Sieg und Wupper ist aber ein allmähliger Übergang von sandigen Bildungen am Fuß des Abfalls zu lehmigen am Anstieg und auf der Hochfläche zu beobachten. Breddin hat an zahlreichen Stellen am Ostrande der niederrheinischen Bucht zwischen Sieg und Ruhr eine bis 1 km breite Übergangszone zwischen Löß und Flugsand aufgefunden, die er Sandlößzone benennt. Nach seiner frdl. Mitteilung sind daher am Niederrhein Löß und Flugsande als gleichaltrige Bildungen aufzufassen, die in der Zeit der Aufschüttung der Niederterrasse abgelagert wurden.

Auffallend ist die ungleiche Ausbildung der Deckschichten auf der rechten und linken Rheinseite innerhalb der Kölner Bucht. Ein Lößgebiet, das ein überaus fruchtbares Kulturland abgibt, zieht sich von Bonn nach Köln am Fuß der Ville vor allem auf der unteren Mittelterrasse hin, während in dem entsprechenden rechtsrheinischen Anteil der sandreiche Gürtel ausgebildet ist. Zur Lösung dieser Frage scheint die Herkunft und Beweglichkeit der Sande berücksichtigt werden zu müssen. Der Löß legt sich in großer Ausdehnung über die Mittel- und Hauptterrassen sowie die Hochfläche, da das feine Material von Winden aus dem Moränengebiet weithin sowohl im links- wie rechtsrheinischen Gebiet transportiert werden konnte, während der Sand wegen der Korngröße in seiner Umlagerung durch die N.-W.-

Winde aus dem Rheinsand an gewisse Grenzen gebunden ist, die in unserem Gebiet den Rand der tieferen Hochfläche kaum überschreiten. Die Sandauswehung geschah also von W. und N.-W. her, von den Terrassen der Rheintalebene auf den östlichen Hang hinauf; sie ließ das linksrheinische Gebiet fast frei. Am Vorgebirge fehlte somit linksrheinisch ein Ursprungsgebiet für die Sande, da aus der Hauptterrasse, die sandarm ist, im Jungdiluvium und Alluvium nur in so geringem Maße, daß es für uns unmerklich ist, Sand ausgeweht werden konnte; die Hauptterrasse ist fast rein kiesig und an der Oberfläche völlig verlehmt. Die selteneren Ostwinde häuften nach Breddin linksrheinisch nur am Rande der Niederterrasse zur unteren Mittelterrasse Sande in kleineren Mengen an. Hierdurch erklärt sich das Vorhandensein der fruchtbaren Gartenlandschaft auf der linken und des Ödlandstreifens auf der rechten Rheinseite.

Literatur-Auszug [1]).

1. Arbeiten.

1884.

v. Dechen, Erläuterungen zur geol. Karte d. Rheinprov. u. d. Provinz Westfalen.

1896

Winterfeld, Über das Alter d. Kalks v. Paffrath. Zs. geol. Ges. 1999.

Philippson, Entwicklungsgesch. d. rhein. Schiefergebirges. V.N.V. Bonn. Sitz.-Ber. 56, 48–50.

1903.

Kaiser, Die Ausbildung d. Rheintals zwischen Neuwieder Becken u. Bonn-Kölner Bucht. Verh. d. 14. deutsch. Geographentags zu Köln. 206—215. Berlin.

Philippson, Zur Morphologie d. rhein. Schiefergebirges. Ebenda. 193—205.

1906.

Steinmann, Über das Diluvium am Rodderberge. Naturhist. Ver. Bonn. Sitz.-Ber. A. 21 ff.

---

1) Aus Platzmangel konnte nur ein Auszug der benutzten Literatur gebracht werden.

1908.

Kaiser, Die Entstehung d. Rheintals. Verh. d. Ges. Deutsch. Naturforscher in Köln I. 170. Leipzig.

Lorie, De Terrassen langs den rechten Rhijnover beneden het Zevengebergte. Tijdschr. v. h. Kon. Nederl. Aardrjksk. Genootsch. 25. 182 ff.

1909.

Krause, Über einen fossilführenden Horizont im Hauptterrassendiluvium des Niederrheins. J. d. pr. G. L. A. 30. II. 91—108.

1910.

Kurtz, Das Mündungsgebiet des Rheines und der Maas. Progr. Gymn. Düren.

Mordziol, Die geologischen Grundlagen der jungtertiären u. diluvialen Entwicklungsgeschichte des rhein. Schiefergebirges. Geol. Rundschau 1. 313 ff.

— Ein Beweis für die Antezedenz des Rheindurchbruchtales. Ztschr. d. Ges. f. Erdk. 77192, 159—174.

Wunstorf u. Fliegel, Die Geologie des niederrh. Tieflandes. Abh. d. pr. G. L. A. N. F. 67. 1—172.

1911.

Fliegel, Bericht über d. Aufnahme v. Blatt Mülheim u. Hitdorf. S. A. J. G. L. A. 191.

1912.

Brandt u. Jaeckel, Über die Beziehungen der Moorbildung zum geol. Aufbau des Gebirges am Bruchrand des berg. Landes zw. Ohligs u. Düsseldorf.

Fliegel, Die Beziehungen zw. marinem u. kontinentalem Tertiär im niederrh. Tiefland. Ztschr. d. Geol. Ges. 64. 444 ff.

Mordziol, Die Austiefung des Rheindurchbruchtals während der Eiszeit. „Die Rheinlande." Braunschweig. Heft 1.

Quaas, Wissensch. Ergebnisse der Aufnahmen auf den Bl. Nideggen, Neuß u. Hilden i. J. 1912. S. A. J. d. pr. G. L. A. 191. XXXII. II. 3. Berlin 1914.

Wunstorf, Über Löß u. Schotterlehm i. niederrh. Tiefland. Naturhist. Ver. Bonn. 69. 293—340.

1913.

Kurtz, Die Verbreitung der diluvialen Hauptterrassenschotter von Rhein u. Mosel in d. niederrh. Bucht. Ebenda 87—108.

Steeger, Beiträge zur Geologie des Niederrheins. Abh. d. Ver. f. naturwissensch. Erforschung d. Niederrheins. 1. 137—163.

1914.

Fliegel, Der geol. Bau der Gegend von Köln. Naturhist. Ver. Bonn. Mon.-Ber.

Steeger, Beiträge z. Geologie d. Niederrheins I.
— Beziehungen zw. Terrassenbildung u. Glazialdiluvium im nördl. niederrh. Tiefl.

1915.

Ahlburg, Über das Tertiär und das Diluvium im Flußgebiet der Lahn. J. d. pr. G. L. A. 36. I. 269—373 u. Tafel 10—18.
Fuchs, Die Entwicklung der devonischen Schichten im westlichen Teil des Remscheid-Altenaer Sattels. J. Pr. L. A.

1916.

Jungbluth, Die Terrassen des Rheines von Andernach bis Bonn Naturhist. Ver. Bonn. 73. 1—103.
Quaas, Zur Geologie des Niederrheins. Ztschr. d. Geol. Ges. 68. 138, 239, 294.

1917.

Kirchberger, Der Nordwestabfall des rhein. Schiefergebirges zw. Reichsgrenze u. dem Rurtalgraben. Diss. Bonn.

1918.

Göbel, Morphologie des Ruhrgebiets. Naturhist. Ver. Bonn.

1919.

Maull, Die Landschaft um Marburg a. d. Lahn in ihrer morphologischen Beziehung zur weiteren Umgebung. Jahrb. d. Frankfurter Ver. f. Geogr. u. Naturk.
Zimmermann, Löß u. Decksand am Südrande der niederrh. Bucht. Sonderabdruck aus dem J. d. pr. G. L. A. (1918).

1920.

Bärtling, Transgressionen, Regressionen u. Faciesverteilung in der mittleren u. oberen Kreide des Münsterschen Beckens.
Stickel, Der Nordrand der Eifel. Beiträge zur Landeskunde der Rheinlande, herausgegeben v. Prof. Philippson.

1921.

Breddin, Beiträge zur Geologie des Ostbergischen. Diss. Bonn.
Oostingh, Bedrage tot de kennis der zuidelijke zweerfsteenen in Nederland en omgering. Wageningen.

1922.

Fliegel, Der Untergrund der niederrh. Bucht. Abh. d. pr. G. L. A.
Breddin-Richter, Exkursionsführer durch das Oberbergische. S.-A. aus den Berichten über die Versamml. des niederrh. geol. Ver.
Knuth, Die Terrassen der Sieg von Siegen bis zur Mündung. Beiträge zur Landeskunde d. Rheinlande, herausgegeben von Prof. Philippson.
Richter, Die Wiehler Mulde, Diss. Bonn.
— Die alttertiäre Verwitterungsrinde im südl. Oberbergischen. S-A. aus d. Berichten des niederrh. geol. Ver.

Wunstorf, Ein Beitrag zur Kenntnis der Tektonik u. diluvialen Geschichte des niederrh. Tieflandes. Overdruckt uit de Verhandelingen van het geologisch-mejnboukundig, Genootschap voor Nederland en kolonien. Geol. Serie VI, Bladz 189—213 Sept. 1922 S'Gravenhage Mouton & Co.

Fliegel, Die Kalkmulde von Paffrath. J. Pr. L. A.

1924.

Steeger, Das glaziale Diluvium des niederrheinischen Tieflandes. Ber. über d. Vers. d. Niederrh. geol. Ver. 1925.

1925.

Steinmann, Die diluvialen Ruhrterrassen und ihre Beziehungen zur Vereisung. Ber. über d. Vers. d. Niederrh. geol. Vereins.

Wilckens, Die geologische Umgebung von Bonn. Ber. über d. Vers. d. Niederrh. geol. Ver.

Wildschrey, Das niederrheinische Diluvium. Ber. über d. Vers. d. Niederrh. geol. Vers.

Druckfehlerberichtigung.

Auf der beigegebenen Karte (Tafel V) muß es heißen: Flamerscheid statt Flammerscheid, Höhenhaus statt Hohenhaus, sowie im Profil (Tafel VI): Roderhof statt Rodenhof, Glöbusch statt Glöbus.

Die Terrassen am Ostrand der Kölner

Rhein Mtt. Wass	Niederterrasse	unt.	ob.	Mittelterrasse	unt.	ob.	Hauptterrasse	II	I
46,5	Bonn	54	59	Bonn	65	98	Bonn ungestört Bonn gestört		153 140
45,1	Siegmündung	51	59						
	Kemperwerth	51							
44,3	RheidterWerth	49					Hohe Schanze ?	128	
43	N.-Kassel		57	Spich	62—70	90			
42,8	Lülsdorf	46							
	Ranzel	45	56,5	Wahn	60				
42,1	Langel		56	Lind	60		Forsbach		133—14
	Zündorf	46	54	Urbar	60		Bensberg-		
41	Porz		53				Eicherbusch-		
39,9	Westhofen	43	52				Gronau,Flora		
38,8	Köln			Lückerath		85—90	(B.-Gladbach)		122—12
	Höhenberg	43	50	Brück	60		Nussbaum		120—12
38,2	Höhenhaus	40	50	Schnellweide	58		Buschhorn		120—12
38	Stammheim	39	48	Aue	55		Biese		11
37	Flittard	39	48	ö. Schlebusch		84	Uppersberg	110	120
							Edelrath	108	
				Dhün MT	65 70		Fette Henne		120
				Sand	55		Neuenhaus		120
							Horkenbach		120
							Güch	110	
36,7	Wiesdorf	39	46				Steinbüchel		120
							Kamp		120
							Hamberg		125
							Maurinus-	98—	
							häuschen	100	
							Biesenbach	105	
				ö. Opladen	55		Schöne Aus-		
							sicht		118—12
				Rulach	53	76	Atzlenbach		120
36,4	Wuppermün-	38	44,5				B.-Neukirchen	95	118—12
	dung			Wupper MT:					
				Haus Vorst		78			
				Balken	60				
				Leichlingen	60				
				Müllerhof	65				
				Horn	72				
							Hüscheid l.		118—12
							Pattscheid l.		118—12
							Neuenkamp l.		120
							Wietsche l.		120—12
							n Schnags-		
							heide r.	88—90	
							Hüschelrath l.		120—13
							Kellerhausb. r.	88—90	
							Wenzelnberg r.		107
							Landwehr r.		107

Bucht zwischen Sieg und Wupper.

Hauptterrasse der Nebenflüsse	II	I	Älteste diluviale Stufe	
Sieg ungestört	170	180—185	Oberterrasse Jungbluths sö. Beuel	185—190
Sieg gestört	145	160		
Agger (Wielpütz)	140	158		
Sülz (Lüghausen)	140	158		
			Erscheint nur in Liegenden der H. T. in Resten erhalten in etwa	118—120
			Uppersberg	118
			Grünscheid	150
			St. Heribert?	180
Dhün:				
Küchenberg		130		
Uppersberg	122	130—144		
Osenau		140—145		
Hahnenberg	128	145		
Heide	129	143		
Jungholz	130			
Wupper: Bunte flache Wupperschotter				

Linke Wupperseite H. T.	II	I	Rechte Wupperseite H. T.	II	I
Pattscheid		125—130	Schnagsheide	88	
Hüscheid		130	Kellerhausbg.	90	
Wietsche	100	122—133	n. Leichlingen	95	
Stöcken		120	Spürklenbg.		107—110
Büscherhöfen	100		Wenzelnbg.		107—118
Bergerhof	100	127—136	Landwehr		115—120
Schmeerbach		127—136	Höhmannsberg		120
Roderbirken		138—140	Vormeiswinkel	120	138
			Friedrichstal	125	140
Die Unterkante der liegenden Rheinterrasse etwa		120—122	etwa		107

Höhenangabe in m über NN

Die fluviatilen (und limnischen?) Tertiärbildungen

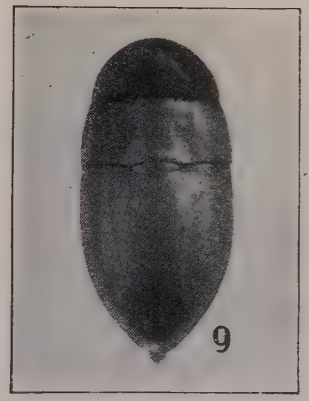
Kieseloolithstufe Unterpliozäne Schotter	Mio-pliozäne Schotter der randlichen Hochfläche	Untermiozäne Bildungen
Ko., Lydit, Feuerstein, Basalt, Quarzkies und -sand	Quarzkies u. -sand mit Basalt und z. T. Feuersteineier	Quarzkies mit Sand u. Feuerstein; Basalt, Tuff (in Lagen), Vallendar. Leitgestein
(Remagen 230—240 Meckenheim 160—165 Duisdorf 125—145) Telegrafenberg (Troisdorf) 90—133		Siegburger Gebiet: Seidenberg 105—118 Stallberg 110 Wahner Heide 70—90 Eremitage 100 Spich 55—90 Ludwigshütte 110—120 Boxhohn 115—120
	Remscheider Sattel: Flamerscheid 235—240 Orth 220—225	
		Spich 70—80 Boxhohe 120 Eremitage 100

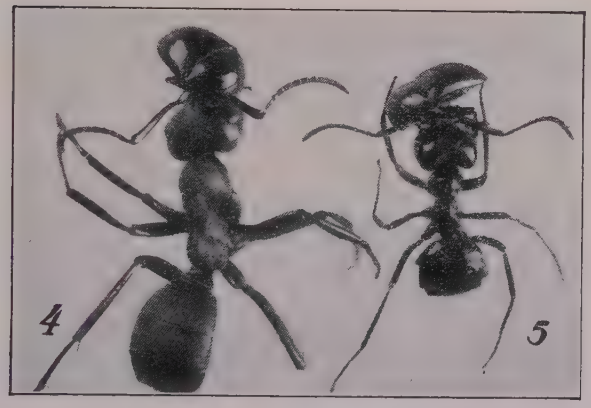
am Westabfall des bergischen Landes.

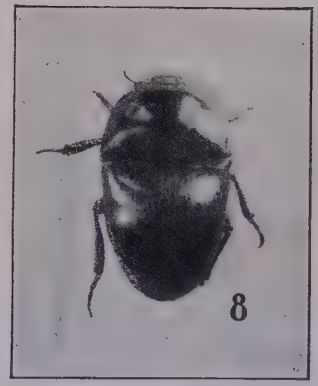
Oberoligozäne Flußablagerungen	Ober-Mitteloligozäne grobe Schotter unter dem oberolig. Meeressand	Eozäne Bildungen (nach Fliegel)
Quarzkies u. Vallend. Leitgest. Feuerstein innerh. d. Meeressandes	Gut gerollt. Quarzkies, ohne Feuerstein unt. oberolig. Meeressand diskordant über Eozän	Eckige und gerollte Quarzkiese mit dunklen, verkieselten Gesteinen. Feuersteinlos
		ö. Siegburg-Rothenbach 140
Berg.-Gladbach (Flora) 110—122	Flora 110—114	
Nussbaum 115	Nussbaum 110	Troisdorf.Horst 80—84
Leichlingen:		Forsbach 130
Wenzeln- und Spürklenberg 90—107		Neuborn 120
Merlenforst 90—107		Dolinen v. B.-Gladbach 100—110
		Dürscheid 200—205
		Spitze 200—207
		Zinkhütte 80
		Refrath-Kaule 70—75
		Kamp 90
		Paffrath 80—90

Tertiärquarzite u. Sandsteine

		Rothenbach-Siegburg 140
		Troisdorf 80
		Refrath-Kaule 70—75







Reichensperger: Beobachtungen und Versuche mit *Cataglyphis* und *Thorictus* nebst dessen Metamorphose.

	Pulvermaar	Weinfelder Maar	Gemündener Maar	Schalkenmehr. Maar	Holzmaar	Meerfelder Maar	Ulmener Maar	Laacher See	Rheingewässer	Bodensee	Vierwaldstätter See	Brienzer See	Achensee	Königssee	Norddeutsche Seen	Kraterseen der Auvergne
Plankton																
Diapt. gracilis						○		Diapt. vulgar.		○	○	○		Diapt. bacillif.	○	Diapt. vulg.
D graciloides	○	○	○	○	○		○					Diapt. laciniat.			○	
Cycl. strenuus	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
C. Leuckarti				○	○	○		○ [1]	Cycl. oithon.	○	○				○	
Diaph. brachyur.	○	○	○	○	○		○	○		○	○ [3]	○			○	○
Daph. longispina							○								Daph. cucull.	○
Daph hyalina				○	○			○	Daph. cucull.	○	○		○	○	○	
Ceriod. megops			○													
C. pulchella				○	○	○			○	○ [2]					○	○
C. quadrangula	○	○	○	○	○		○									
C. quadr.-hamata				○		○								○		
C. laticaudata				○												
C. affinis	○	○	○													
C. rotunda	○	○	○													
Bosm. longirostr.				○	○	○	○	○	○	○ [2]	○ [4]		Bosm. coreg.	Bosm. coreg.	○	○
Lept. Kindtii				○					○	○	○	○			○	
Uferfauna																
Diapt. graciloides	×	×	×				×	Diapt. vulg.	Diapt. graciis	Diapt. gracilis					Diapt. gracilis	
Diapt. castor					×											
Cyclops fuscus			×					×	×						×	×
C. albidus	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×				×	
C. strenuus	×	×	×					×		×	×				×	
C. Leuckarti				×				×	×	×					×	
C. viridis			×		×		×	×	×	×	×				×	
C. macrurus	×	×	×	×	×		×	×		×	×				×	
C. serrulatus	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×				×	
C. serr.-denticul.		×														
C. phaleratus				×				×			×					
C. fimbriatus				×						×	×					
C. bicolor			×	×												
Canth. staphylin.			×							×	×				×	
Ca. northumbric.	×										×					
Ca. minutus		×		×							×					
Ca. pygmaeus		×														
Sida crystallina				×	×		×	×	×	×	×				×	×
Daph. longispina	×?						×	×?	D. cucull.		×					
Scaph. mucron	×			×	×		×	×	○	×	×	○			×	
Simoceph. vetulus	×	×		×	×		×	×	×	×	×			×	×	
Ceriod. megops	×														×	
C. pulchella				×	×		×		×	×						
C quadrangula	×	×	×				×		×		×					
Bosm. longirostr.							×	×	×	×	×				×	
Lath. rectirostris	×							×			×				×	
Euryc. lamellatus	×	×		×	×		×	×	×	×	×		×		×	
Campt. rectirostr.	×	×	×	×	×					×	×			×	×	
Acroperus harpae	×	×	×	×			×	×		×	×				×	×
Alona quadrangul.				×					×	×	×				×	
Al. affinis	×	×	×	×	×		×	×		×	×				×	×
Al. tenuicaudis	×			×				×								
Al. costata	×	×	×	×	×		×	×	×		×				×	
Al. guttata	×	×		×							×					
Rhyn. rostrata	×				×					×	×				×	
Grapt. testudin.	×	×	×		×					×	×				×	
Alonella exigua	×	×		×												
Alon. nana	×			×			×			×	×					
Perac. truncata	×	×	×	×	×		×			×	×		×	×	×	
Pleurox. trigonell.				×				×			×					
Chyd. globosus	×		×						×	×					×	
Ch. sphaericus	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×			×	×	×
Grundfauna																
Diapt. graciloid.							×?									
Cycl. albidus			×									×				
C. strenuus		×	×	×							×					
C. viridis		×	×							×	×	×				
C. macrurus			×													
C. serrulatus			×									×				
Ca. staphylinus			×													
Simoceph. vetul.		×														

1) Fang am 25. 6. 11. 2) Im Untersee. 3) Nur im Vordersee.
4) Tychopelagisch, im Alpnacher See eupelagisch.

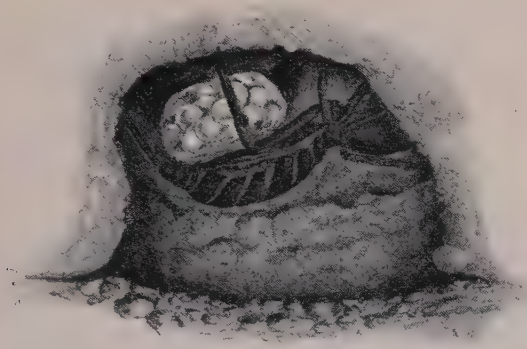


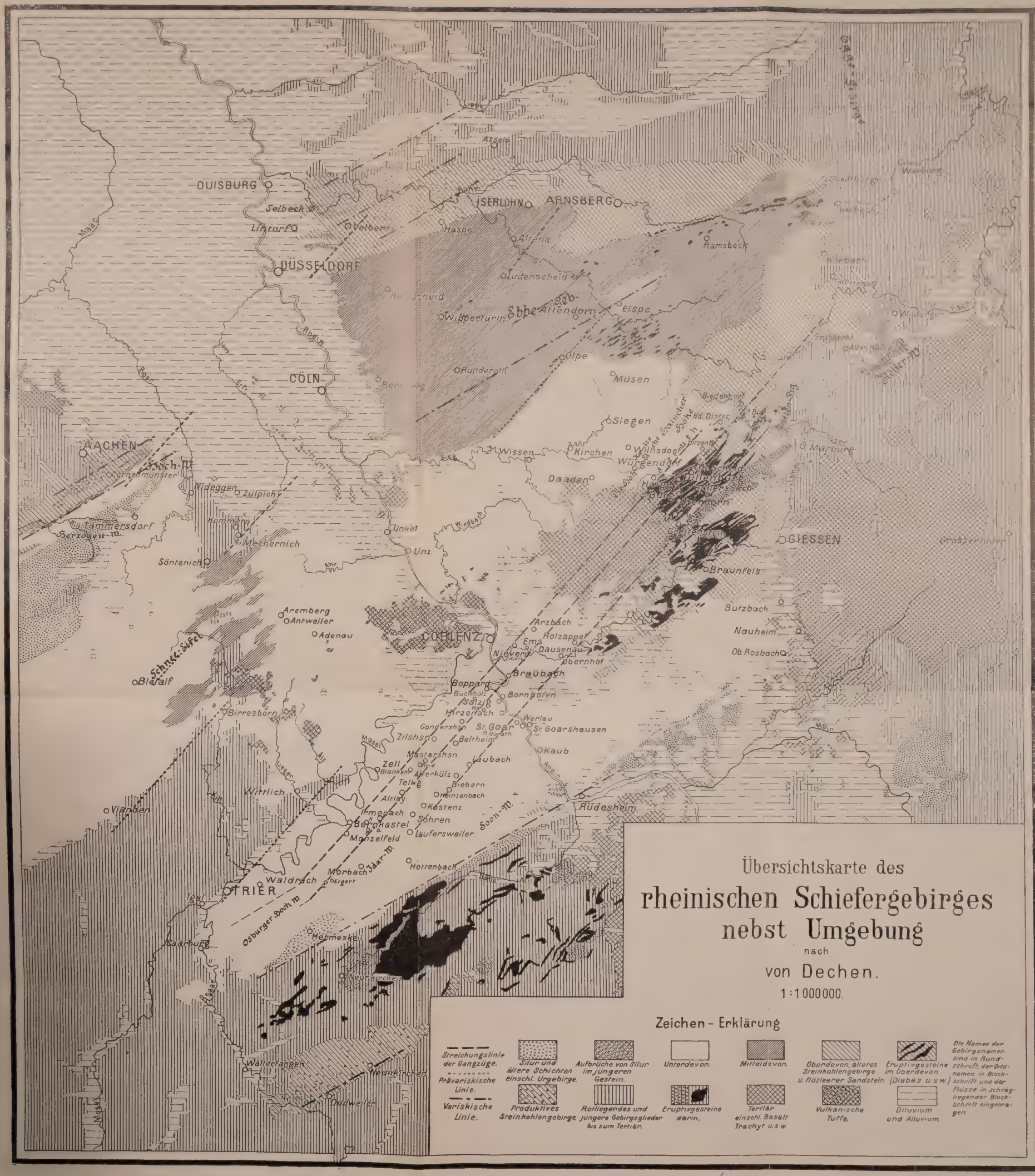
Abb. 1.

Abb. 3.

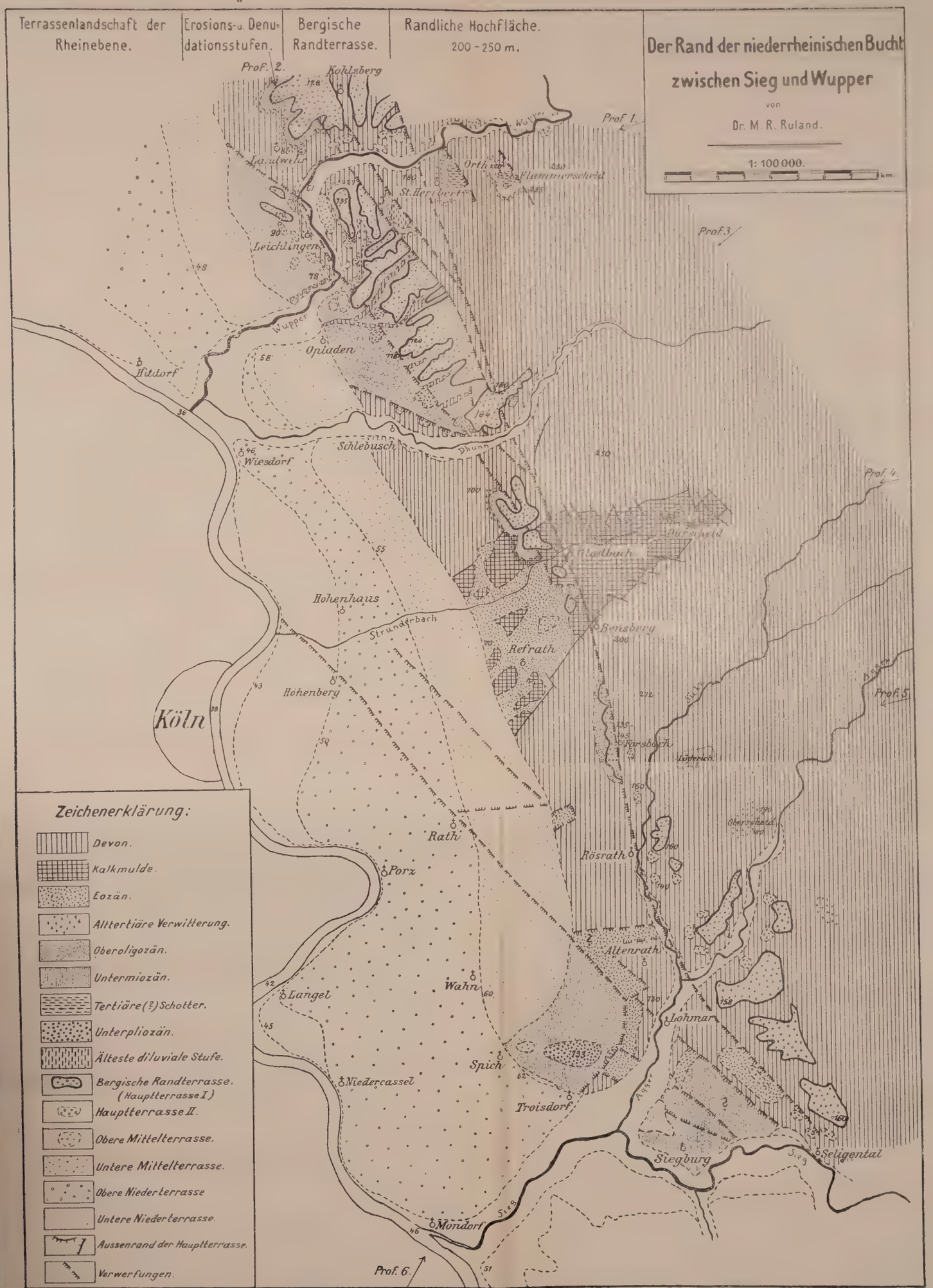
Abb. 4.

Abb. 2.

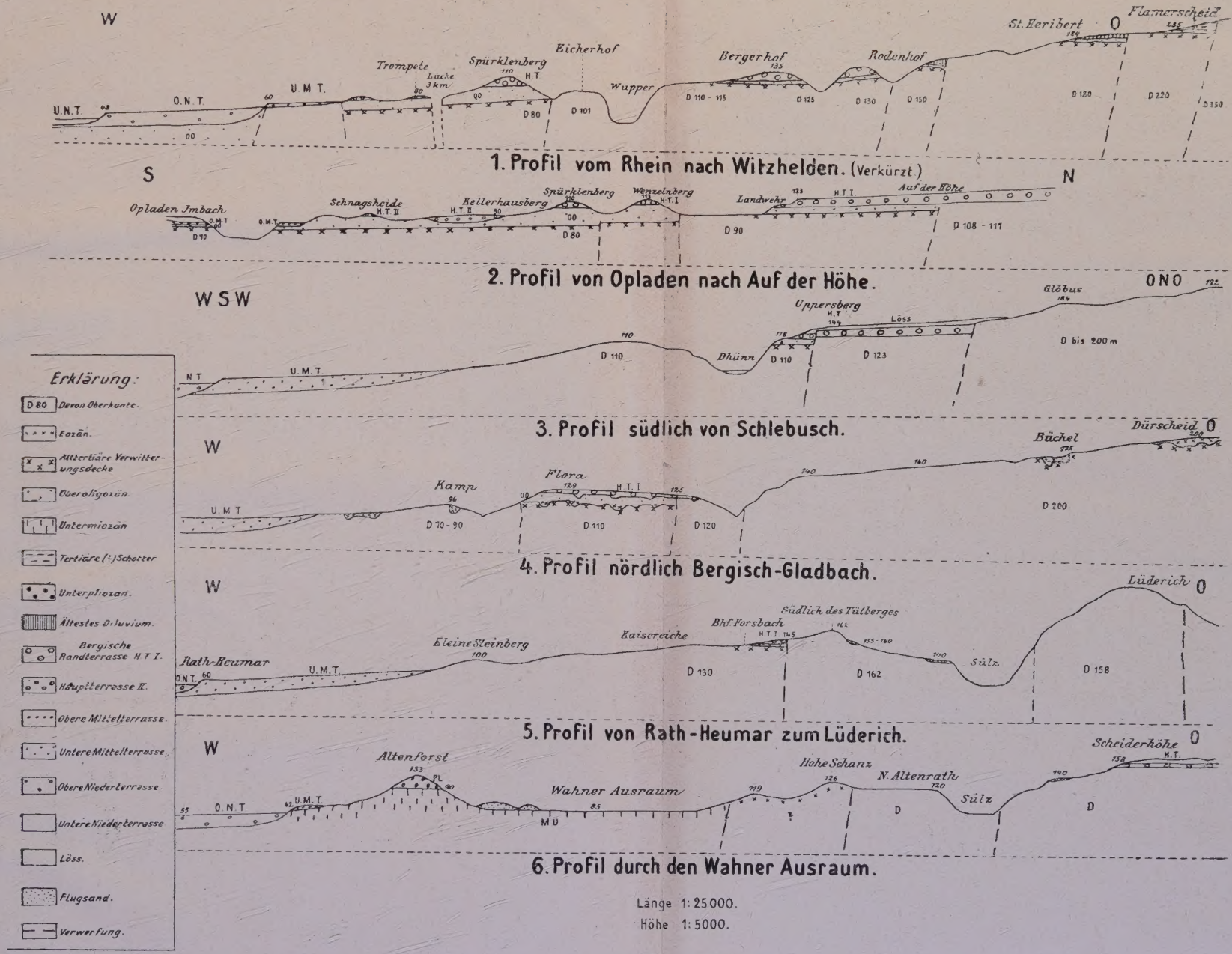
Strubell: *Thelyphonus caudatus* L.



Vogel: Weitere Betrachtungen über das Rheinische Schiefergebirge unter besonderer Berücksichtigung der vorherrschenden Spaltenrichtungen.

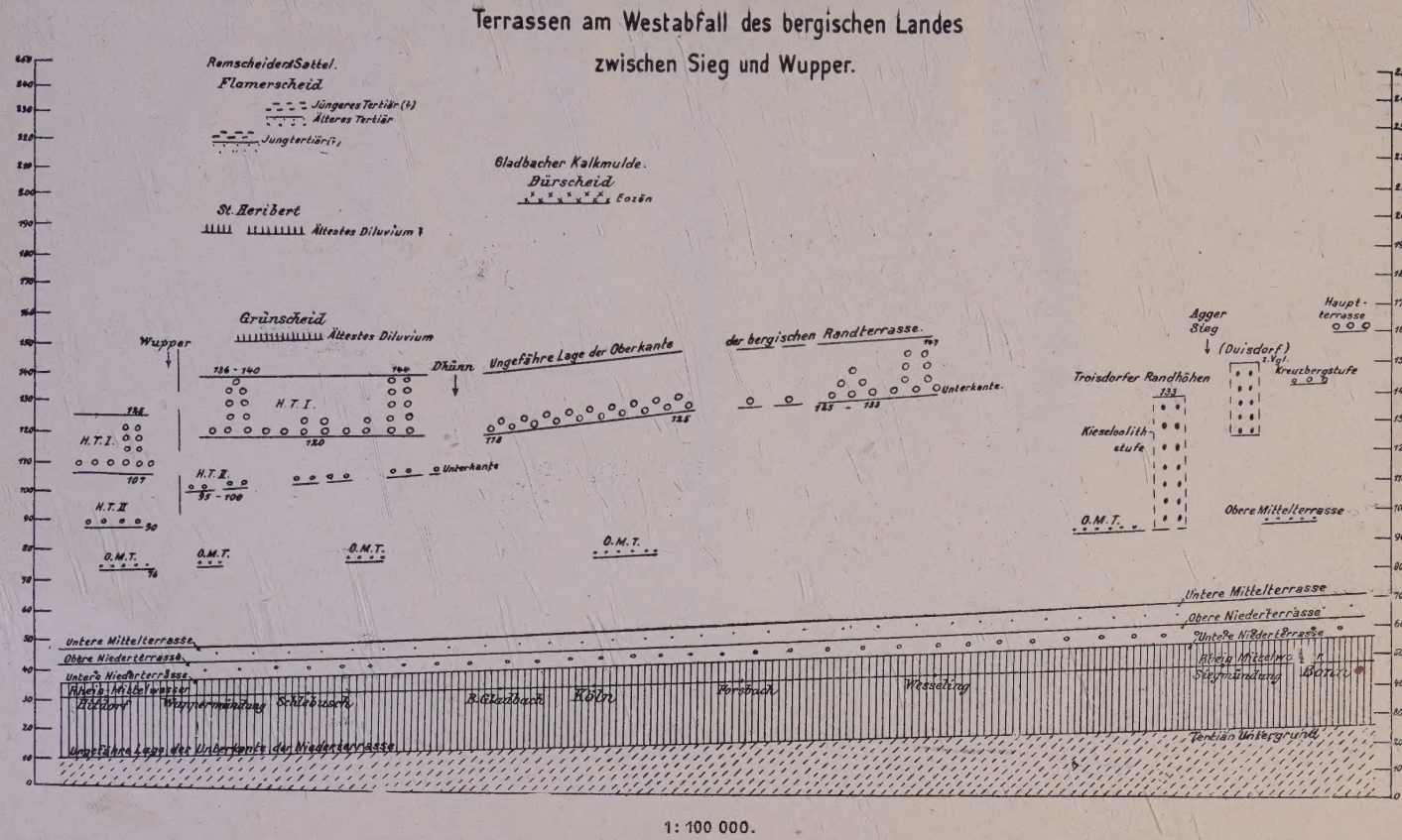


Ruhland: Terrassen am Rande der niederrheinischen Bucht zwischen Sieg und Wupper.



Länge 1:25000.
Höhe 1:5000.

Rühland: Terrassen am Rande der niederrheinischen Bucht zwischen Sieg und Wupper.



Ruhland: Terrassen am Rande der niederrheinischen Bucht zwischen Sieg und Wupper.